

---

# UNIVERSIDAD DE CUENCA

---



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CENTRO DE POSTGRADOS MAESTRÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTE PRIMERA COHORTE 2014 - 2015**

**Tesis Previa a la Obtención del Título de  
MASTER EN INGENIERIA EN VIALIDAD Y TRANSPORTES**

**“SISTEMA INSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DE ESTRATEGIAS  
DE PLANIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CAMINOS RURALES EN  
LA PROVINCIA DEL AZUAY”.**

**AUTOR:**

**Ing. Fernando Patricio Carpio Carrera**

**C.I. :010285666-3**

**DIRECTOR:**

**Ing. MSc. Álvaro Francisco Vintimilla Valdivieso**

**C.I. :010242409-0**

**CUENCA – ECUADOR  
2017**



## **RESUMEN**

- El presente proyecto de investigación plantea un sistema de gestión y conservación vial aplicable en la Provincia del Azuay, debido a la falta de un sistema sólido de mantenimiento de las instituciones responsables de la conservación vial en carreteras rurales, lo que ha provocado un deterioro acelerado de las vías en nuestra región. La metodología utilizada en el desarrollo de esta tesis es una combinación de tipo documental, descriptiva, explicativa y de experiencia propia, las que se sostiene en los diferentes tipos de investigaciones, documentos y normativas existentes. Se la define como investigación-acción: es una investigación aplicada, enfocada a encontrar soluciones a dificultades de gestión y manejo de la información de instituciones públicas en la Provincia del Azuay y promover una mejor toma de decisiones, en menor tiempo. Como resultado de la investigación realizada se propone un sistema de Gestión Vial para la Provincia, adicionalmente se anexa un catálogo de las principales fallas en los pavimentos en carreteras rurales y se mencionan algunas políticas que en otros países los usan y hasta el momento han sido planes y estrategias exitosos. Como principal conclusión de este trabajo de titulación se puede resumir en que en la provincia existe una desarticulación entre los niveles encargados del mantenimiento vial, se hace necesario la creación de una unidad políticamente independiente y descentralizada para un correcto manejo de los planes de conservación vial.

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento Vial, conservación Vial, Estrategias de conservación, Sistema de Gestión vial.



## **ABSTRACT**

- This research project seeks to establish a road management and conservation system applicable in the Province of Azuay, due to the lack of a solid system of maintenance of the institutions responsible for road maintenance on rural roads, which has caused a deterioration acceleration of the roads in our region. The methodology used in the development of this thesis is a combination of documentary type, descriptive, explanatory and own experience, which is supported by the different types of research, documents and existing regulations, is defined as Action research: A class of applied research focused on finding solutions to the difficulties of managing and managing the information of public institutions in the Province of Azuay and promoting better decision-making in a shorter time. As a result of the research carried out, a road management system is proposed for the province. In addition, a catalog of the main faults in pavements on rural roads is annexed, and some policies mentioned in other developed countries are mentioned and so far Plans and strategies. As the main conclusion of this Titling Work can be summarized in the fact that in the Province there is a disarticulation between the levels in charge of road maintenance, it is necessary to create a politically independent and decentralized unit for a correct management of the road conservation plans.

**KEYWORDS:** Road Maintenance, Road Maintenance, Conservation Strategies, Road Management System.



## ÍNDICE

### Contenido

PORTADA.....	1
RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	11
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	14
ÍNDICE DE ANEXOS .....	15
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL .....	16
CLÁUSULA PROPIEDAD INTELECTUAL .....	17
DEDICATORIA .....	18
AGRADECIMIENTOS.....	19
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIMBOLOGÍA .....	20
1. CAPÍTULO I: “INTRODUCCIÓN” .....	23
1.1. ANTECEDENTES .....	25
1.2. PLANTEAMIENTO E INTERPRETACIÓN DEL PROBLEMA .....	28
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	32
1.4. HIPÓTESIS .....	34
1.5. OBJETIVOS .....	34
1.5.1. Objetivo General .....	34
1.5.2. Objetivos Específicos.....	34
1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
1.7. METODOLOGÍA.....	35
2. CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO .....	36
2.1. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL.....	36
2.2. DEFINICIONES .....	41
2.2.1. La conservación o mantenimiento vial.....	41
2.2.2. Niveles de intervención de conservación vial .....	43
• Mantenimiento rutinario .....	44
• Mantenimiento periódico .....	44
• Rehabilitación.....	44





---

• Mejoramiento .....	45
• Emergencias o temporales.....	45
• Especiales .....	46
2.2.3. Ciclo de vida “fatal” de los caminos .....	46
2.2.4. Fases de deterioro de la vía.....	46
2.2.5. Ciclo de vida deseable de una carretera .....	49
2.2.6. Aspectos que influyen en el deterioro de la vía .....	50
2.2.7. Condición vial versus costos.....	52
2.2.8. Prácticas de mejoramiento de caminos .....	54
2.2.9. Clasificación universal de las vías .....	57
• Clasificación según su jurisdicción o administración .....	57
• Clasificación funcional .....	57
• Clasificación por tipo de superficie .....	58
• Clasificación por nivel de tráfico o capacidad .....	58
• Clasificación por el terreno o condiciones orográficas .....	58
• Clasificación según el número de calzadas .....	59
• Clasificación según su geometría .....	59
2.3. SISTEMAS DE GESTIÓN VIAL.....	59
2.3.1. Concepto del sistema de gestión vial.....	60
2.3.2. Objetivos de la gestión vial .....	61
2.3.3. Características de una buena gestión vial.....	61
2.3.4. Los modelos de gestión vial a nivel mundial .....	62
2.3.5. Modelos de gestión administrativa.....	64
• <i>Modelo de organización lineal</i> .....	64
• Modelo de organización funcional.....	64
• Teoría burocrática .....	65
• Teoría estructuralista .....	65
2.3.6. Estructura de un sistema de gestión vial .....	65
2.3.6.1. Base de datos central .....	68
• Inventario de la red vial.....	68
• Datos históricos .....	70
• Datos de políticas .....	71
• Datos de medio ambiente .....	72
• Datos de tránsito .....	73
• Datos de costos .....	74



---

2.3.6.2.	Herramientas de análisis .....	74
•	Valoración del estado actual de pavimentos .....	75
•	Métodos de evaluación .....	76
•	Inspección visual.....	76
•	Ensayos no destructivos .....	76
•	Medidas de deflexión .....	76
•	Evaluaciones empíricas (vida remanente).....	79
•	Ensayos destructivos .....	79
•	Evaluación de la capacidad estructural del pavimento.....	80
•	Evaluación de la capacidad funcional del pavimento .....	82
•	Principales métodos utilizados en la evaluación de pavimentos.....	84
•	Índice de servicio presente (PSI) .....	99
•	Modelos de deterioro .....	102
•	Modelos de agrietamiento .....	102
•	A.1. Inicio del agrietamiento estructural.....	102
•	A.2. Evolución del agrietamiento estructural.....	103
•	B.1. Inicio de agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas .....	103
•	B.2. Desarrollo del agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas .	104
•	C.1. Inicio y progresión del agrietamiento por reflexión .....	105
•	Modelos de peladuras.....	105
•	D1. Modelo de iniciación de las peladuras.....	106
•	D2. Modelo de iniciación de las peladuras.....	106
•	Modelo de baches .....	106
•	Modelos de roderas .....	108
•	E.1. Densificación y consolidación inicial de las capas inferiores.....	108
•	E.2. Contribución de la deformación estructural .....	109
•	E.3. Desarrollo del modelo en la deformación plástica de las capas asfálticas. ....	109
•	Modelos de regularidad superficial.....	110
•	Modelo de la textura superficial .....	112
•	El modelo HDM-4 .....	113
2.3.6.3.	Criterios de acción.....	117
•	Umbral de actuación.....	117
•	Indicadores de conservación.....	118
•	Indicadores operacionales.....	118
•	Indicadores estructurales .....	118



---

•	<i>Indicadores funcionales</i> .....	119
•	<i>Indicadores de entorno</i> .....	119
•	Estrategias de conservación .....	119
•	Criterios de priorización .....	121
•	<i>Priorización por deterioro o desempeño</i> .....	121
•	<i>Priorización por indicadores combinados</i> .....	121
•	<i>Priorización por un criterio compuesto.</i> .....	122
•	<i>Priorización por menor costo inicial</i> .....	122
•	<i>Priorización por menor costo presente neto</i> .....	122
•	<i>Priorización por razón beneficios / costos</i> .....	122
•	<i>Procedimiento de priorización multianual</i> .....	122
•	Optimización de la inversión .....	123
•	Tasa interna de retorno (TIR) .....	123
•	Relación beneficio costo (B/C) .....	124
•	Valor actual neto (VAN) .....	124
•	Costo anual uniforme equivalente (CAUE) .....	125
2.3.6.4.	Planeamiento y programación vial .....	125
2.3.6.5.	Seguimiento y evaluación .....	125
2.4.	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	126
3.	CAPÍTULO III: “RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS”	129
3.1.	FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	130
3.1.1.	Constitución de la República .....	130
3.1.2.	Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial .....	131
3.1.3.	Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización .....	131
3.1.4.	Ley de Caminos .....	132
3.1.5.	Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública .....	133
3.1.6.	Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre .....	137
3.2.	ANÁLISIS DE LA RED VIAL DEL ECUADOR .....	140
3.2.1.	Explotación vial en el país .....	144
3.2.2.	Modalidades de conservación en Ecuador .....	150
•	Administración directa .....	150
•	Contratación de administradores del mantenimiento vial .....	151
•	Contratación del mantenimiento rutinario con microempresas asociativas .....	153
•	Contratación del mantenimiento periódico por precios unitarios .....	153

---



---

•	Contratos de mantenimiento integral. ....	155
•	Contratos de mantenimiento por indicadores de estado .....	156
•	Contratos de concesión.....	158
3.3.	PLAN MAESTRO NACIONAL DE VIALIDAD DEL MTOP .....	162
3.3.1.	Objetivos del plan maestro vialidad.....	162
3.4.	ESTADO ACTUAL DE LA VIALIDAD EN EL AZUAY .....	164
3.5.	DIAGNÓSTICO SOBRE LA GESTIÓN VIAL RURAL EN EL AZUAY .....	167
3.6.	MODELO DE GESTIÓN ACTUAL DE LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS PAVIMENTADOS..	174
3.7.	NECESIDAD DE UNA ESTRATEGIA PROVINCIAL DE CONSERVACIÓN.....	175
3.8.	BASES PARA UNA ESTRATEGIA PROVINCIAL DE CONSERVACIÓN.....	176
3.9.	ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN PROPUESTO.....	181
3.9.1.	Sistemas de inventario, auscultación y monitoreo de carreteras.....	185
3.9.2.	Factores de jerarquización vial.....	186
•	Criterios de ordenamiento vial prioritario .....	186
•	Criterios sociales.....	190
•	Población beneficiada .....	190
•	Crecimiento urbanístico .....	190
•	Clasificación de la densidad habitacional.....	191
•	Mejora en la disponibilidad de servicios .....	191
•	Participación de las partes interesadas.....	192
•	Centros sociales en la carretera .....	192
•	Criterios económicos.....	193
•	Volumen de tránsito.....	193
•	Productividad .....	193
•	Clase o categoría del suelo .....	193
•	Servicio de transporte .....	194
•	Capacidad emprendedora.....	194
•	Criterios técnicos .....	195
•	Conectividad con otras vías.....	195
•	Tipo de trabajo necesario.....	195
•	Tipo de superficie de rodadura .....	195
•	Estado de la vía para circulación vehicular .....	196
•	Ancho de la calzada .....	196
•	Criterios seguridad .....	196



---

• Accidentabilidad .....	196
• Seguridad Ciudadana.....	197
• Reducción en el riesgo de desastres .....	197
• Criterios ambientales .....	197
• Criterios políticos.....	198
• Preferencia de la ciudadanía .....	198
• Inversión histórica .....	198
• Criterios de priorización de actividades .....	199
• 1ro. Seguridad .....	199
• 2da. Conservación de obras de drenaje .....	199
• 3ra. Otras actividades.....	200
• Determinación del orden de prioridad de la intervención.....	200
3.9.3. Umbrales de actuación.....	200
3.9.4. Criterios y elementos de intervención vial.....	203
• Elementos de intervención vial .....	203
• La carpeta asfáltica .....	203
• Las obras de drenaje y subdrenaje.....	204
• El derecho de vía .....	204
• Las obras de arte .....	205
• La señalización y elementos de seguridad vial.....	205
• Conservación vial rutinaria .....	206
• Conservación vial periódica.....	206
3.9.5. Catálogo de mantenimiento vial .....	208
3.9.6. Tareas básicas y técnicas de mantenimiento vial .....	210
3.9.7. Definición de estrategias, optimización de alineamientos, umbrales admisibles – actividades de ejecución y diseño de políticas.....	216
• Definición de estrategias.....	216
• Optimización de alineamientos.....	218
• Definición de umbrales de intervención y actividades de ejecución .....	220
• Políticas de mantenimiento .....	222
• Política N° 0 o Base 0 (Escenario de mantenimiento rutinario).....	223
• Política Base N° # (Escenario de mantenimiento periódico).....	224
3.9.8. Análisis económico de las propuestas.....	228
3.9.9. Planificación y programación del mantenimiento .....	229
3.9.10. Ahorro en costos de operación de vehículos .....	231



---

3.9.11.	Indicadores de la eficiencia de la gestión vial .....	231
•	Identificación de actores .....	234
•	Grupo A. Los que esperan un servicio de la red de caminos y carreteras .....	234
•	Grupo B. Las autoridades de caminos y carreteras.....	236
•	Definición de expectativas de los actores .....	237
•	Indicadores sugeridos .....	238
3.10.	RECURSOS ECONÓMICOS PARA LA GESTIÓN VIAL EN EL AZUAY .....	239
4.	CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	244
4.1.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	244
4.2.	CONCLUSIONES .....	244
4.3.	RECOMENDACIONES .....	248
4.4.	BIBLIOGRAFÍA .....	251
4.5.	ANEXOS .....	263
4.5.1.	Ahuellamiento .....	264
4.5.2.	Hundimiento .....	265
4.5.3.	Corrugación .....	266
4.5.4.	Corrimiento .....	267
4.5.5.	Hinchamiento .....	268
4.5.6.	Fisura longitudinal .....	269
4.5.7.	Fisura transversal .....	270
4.5.8.	Fisuras en bloques .....	271
4.5.9.	Fisuras tipo piel de cocodrilo.....	272
4.5.10.	Fisuras reflejadas.....	273
4.5.11.	Fisuras en arco.....	274
4.5.12.	Desprendimiento/descubrimiento de agregados .....	275
4.5.13.	Peladuras.....	276
4.5.14.	Estrías longitudinales .....	277
4.5.15.	Baches .....	278
4.5.16.	Rotura de bordes.....	279
4.5.17.	Pulimento de la superficie.....	280
4.5.18.	Exudación de asfalto .....	281
4.5.19.	Bombeo/exudación de agua .....	282
4.5.20.	Bacheos/reparaciones.....	283
4.5.21.	Acciones de falla en pavimentos asfálticos.....	284
4.5.22.	Expectativas de los diferentes actores que intervienen en la explotación vial .....	285



4.5.23. Indicadores propuestos para monitoreo y seguimiento en el sistema vial .....	286
--	-----

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración N° 1 Distribución de kilómetros y competencias institucionales en la provincia del Azuay	30
Ilustración N° 2 Ciclo de vida de los caminos pavimentados sin mantenimiento.....	47
Ilustración N° 3 Diagrama de flujo camino sin mantenimiento .....	49
Ilustración N° 4 Ciclo de vida deseable de un camino .....	49
Ilustración N° 5 Diagrama de flujo camino con mantenimiento.....	50
Ilustración N° 6 Influencia del estado de la vía vs. Costos de operación vehicular y costos de mantenimiento.....	53
Ilustración N° 7: Representación de una estructura básica de un sistema de gestión vial .....	67
Ilustración N° 8 Viga Benkelman .....	77
Ilustración N° 9 Falling Weight Deflectometer.....	78
Ilustración N° 10 Índice y grado de condición del pavimento.....	88
Ilustración N° 11 Modelo cuarto de milla .....	96
Ilustración N° 12 Rango aproximado de IRI para distintos tipos de camino.....	97
Ilustración N° 13 Módulos del HDM4.....	117
Ilustración N° 14 Explotación de la Red Vial Nacional .....	146
Ilustración N° 15 Ranking de calidad vial en América Latina .....	149
Ilustración N° 16 Descripción de los contratos por administración del mantenimiento vial .....	152
Ilustración N° 17 Descripción de los contratos de mantenimiento rutinario con microempresas....	153
Ilustración N° 18 Descripción de los contratos de mantenimiento periódico por precios unitarios..	154
Ilustración N° 19 Descripción de los contratos por mantenimiento integral .....	156
Ilustración N° 20 Descripción de los contratos de mantenimiento por indicadores de estado .....	158
Ilustración N° 21 Descripción de los contratos de mantenimiento vial por concesiones.....	160
Ilustración N° 22 Distribución de la vialidad del Azuay según competencia y función.....	165
Ilustración N° 23 Distribución vialidad en los cantones del Azuay .....	165
Ilustración N° 24 Esquema de la problemática provincial .....	174
Ilustración N° 25 Gestión reactiva vs. Gestión proactiva .....	177
Ilustración N° 26 Circulo vicioso de la vialidad.....	178
Ilustración N° 27 Circulo virtuoso de la vialidad .....	178
Ilustración N° 28 Aspectos importantes para la implementación de un sistema de gestión .....	179
Ilustración N° 29 Articulación básica de un sistema de gestión vial .....	179
Ilustración N° 30 Estructuración del sistema de gestión propuesto.....	184
Ilustración N° 31 Ciclo de planificación .....	230
Ilustración N° 32 Procedimiento base para la construcción de indicadores.....	239

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla N°1 Clasificación de vías en la provincia del Azuay .....	29
Tabla N° 2 Clasificación de vías en la provincia del Azuay según su tipo de calzada .....	30
Tabla N° 3 Porcentajes de participación según modalidad de transporte.....	37



Tabla N° 4: Principales impactos del mantenimiento vial.....	40
Tabla N° 5: Influencia del mantenimiento en los objetivos del milenio .....	40
Tabla N° 6 Alternativas de mejoramiento .....	57
Tabla N° 7 Principales fallas estructurales en pavimentos flexibles .....	81
Tabla N° 8 Comparación entre los principales métodos de oscultación estructural .....	82
Tabla N° 9 Daños superficiales en pavimentos asfálticos .....	83
Tabla N° 10 Gráficas para metodología PAVER.....	86
Tabla N° 11 Clasificación de estado según el índice MDR.....	87
Tabla N° 12 Descripción de fallas estructurales .....	90
Tabla N° 13 Descripción de fallas superficiales .....	91
Tabla N° 14 Categoría y clasificación de daños metodología VIZIR .....	93
Tabla N° 15 Niveles de gravedad según fallas tipo A .....	93
Tabla N° 16 Niveles de gravedad según fallas tipo B .....	94
Tabla N° 17 Niveles de aproximación del grado de deterioro .....	94
Tabla N° 18 Clasificación estado de la vía según metodología VIZIR .....	95
Tabla N° 19 Clasificación del estado superficial de la vía metodología IRI .....	98
Tabla N° 20 Estimación del IRI en función de la velocidad de circulación .....	98
Tabla N° 21 Estado del pavimento método PASER .....	99
Tabla N° 22 Estado de servicialidad según índice de servicio presente.....	100
Tabla N° 23 Relación de actividades con sus indicadores.....	119
Tabla N° 24 Objetivos de cada estrategia de conservación .....	121
Tabla N° 25 Margen de valores de los indicadores de rentabilidad .....	124
Tabla N° 26 Posibles escenarios dependientes del presupuesto.....	124
Tabla N° 27 Red vial nacional según categoría del camino.....	140
Tabla N° 28 Red vial estatal.....	141
Tabla N° 29 Estado de la red vial estatal .....	142
Tabla N° 30 Tipo de rodadura de la red vial estatal .....	142
Tabla N° 31 Estado de la red vial provincial .....	142
Tabla N° 32 Tipo de rodadura de la red vial provincial .....	143
Tabla N° 33 Estado de la red vial cantonal.....	143
Tabla N° 34 Tipo de rodadura de la red vial cantonal .....	144
Tabla N° 35 Distribución vial por tipo de superficie de rodadura en la red vial nacional .....	145
Tabla N° 36 Estado de la red vial nacional .....	145
Tabla N° 37 Explotación vial estatal .....	147
Tabla N° 38 Relevamientos de siniestros de tránsito por efecto en las vías .....	148
Tabla N° 39 Comparación entre las principales modalidades de contratación para mantenimiento .....	161
Tabla N° 40 Estructura del plan maestro de vialidad.....	164
Tabla N° 41 Distribución vial en la provincia del Azuay .....	164
Tabla N° 42 Distribución de la vialidad en la provincia según su tipo de calzada.....	166
Tabla N° 43 Mantenimiento rutinario – periódico vs. Rehabilitación vial .....	173
Tabla N° 44 Requerimientos institucionales y soluciones del sistema de gestión.....	183
Tabla N° 45 Comparación entre sistemas de monitoreo, auscultación e inventario vial .....	185
Tabla N° 46 Matriz de jerarquización de criterios.....	187
Tabla N° 47 Criterios globales de priorización vial .....	188





Tabla N° 48 Factores de priorización vial .....	189
Tabla N° 49 Calificación por población beneficiada .....	190
Tabla N° 50 Calificación por crecimiento urbanístico .....	191
Tabla N° 51 Calificación por clasificación de la densidad habitacional .....	191
Tabla N° 52 Calificación por mejora en la disponibilidad de servicios .....	191
Tabla N° 53 Calificación por centro sociales en la carretera .....	192
Tabla N° 54 Calificación por centro sociales en la carretera .....	192
Tabla N° 55 Calificación por volumen de tránsito .....	193
Tabla N° 56 Calificación por productividad de terrenos .....	193
Tabla N° 57 Calificación según categoría del suelo .....	194
Tabla N° 58 Calificación según servicio de transporte .....	194
Tabla N° 59 Calificación según capacidad emprendedora .....	194
Tabla N° 60 Calificación por conectividad .....	195
Tabla N° 61 Calificación por tipo de trabajo .....	195
Tabla N° 62 Calificación por tipo de superficie .....	195
Tabla N° 63 Calificación por estado de la vía .....	196
Tabla N° 64 Calificación por ancho de calzada .....	196
Tabla N° 65 Calificación según accidentabilidad .....	197
Tabla N° 66 Calificación según seguridad ciudadana .....	197
Tabla N° 67 Calificación según riesgos .....	197
Tabla N° 68 Calificación por criterio ambiental .....	198
Tabla N° 69 Calificación por preferencia ciudadana .....	198
Tabla N° 70 Calificación por inversión histórica .....	198
Tabla N° 71 Grado de intervención propuesto según estado actual del pavimento .....	202
Tabla N° 72 Alcances del mantenimiento vial rutinario .....	207
Tabla N° 73 Alcances del mantenimiento vial periódico .....	208
Tabla N° 74 Operaciones de mantenimiento y reposición de pavimentos asfálticos .....	211
Tabla N° 75 Principales actividades en la conservación vial .....	214
Tabla N° 76 Técnicas aplicables a diferentes tipos de fallas .....	215
Tabla N° 77 Definición de actividades de recapeo .....	222
Tabla N° 78 Definición de actividades de reconstrucción para las políticas planteadas .....	222
Tabla N° 79 Proyecto base – política de mantenimiento 0 .....	223
Tabla N° 80 Política asociada a concesiones .....	224
Tabla N° 81 Política asociada a las direcciones de vialidad .....	224
Tabla N° 82 Políticas de intervención sugeridas según categoría del tráfico .....	225
Tabla N° 83 Política de intervención sugerida según índice de rugosidad internacional .....	226
Tabla N° 84 Políticas de intervención sugeridas según pérdida del agregado .....	227
Tabla N° 85 Ahorros estimados en componentes vehiculares por mejoras viales .....	231
Tabla N° 86 Principales indicadores utilizados mundialmente .....	233
Tabla N° 87 Actores sociales: grupo A1 - usuarios de la carretera .....	234
Tabla N° 88 Actores sociales: grupo A2 – vecinos de la carretera .....	235
Tabla N° 89 Actores sociales: grupo A3 – organismos de financiamiento de la carretera .....	235
Tabla N° 90 Actores viales: grupo B1 – organismos de financiamiento de la carretera .....	236
Tabla N° 91 Actores viales: grupo B2 – operadores de la red .....	237
Tabla N° 92 Principales expectativas de la red de caminos .....	238



---

Tabla N° 93 Estimación de recursos financieros para el Azuay.....	240
Tabla N° 94 Recursos financieros de los GADs.....	241

## **ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación N°1 Fórmula para el cálculo del índice MDR .....	84
Ecuación N° 2 Cálculo del PCI mediante cantidad de fallas .....	89
Ecuación N° 3 Cálculo de PSI en función de fallas en el pavimento.....	100
Ecuación N° 4 Fórmula para el cálculo del PSI en función del IRI propuesta por Peterson .....	101
Ecuación N° 5 Fórmula de relación del PSI con el IRI .....	101
Ecuación N° 6 Fórmula para el cálculo del PSI en función del IRI desarrollada por el departamento de transporte de Illinois .....	101
Ecuación N° 7 Fórmulas desarrolladas por otras agencias de EEUU.....	101
Ecuación N° 8 Fórmula de Gillespie para cálculo de PSI .....	101
Ecuación N° 9 Inicio del agrietamiento estructural.....	103
Ecuación N° 10 Evolución del agrietamiento estructural.....	103
Ecuación N° 11 Inicio del agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas en carreteras originales .....	104
Ecuación N° 12 Inicio de agrietamiento por condiciones térmicas tras una rehabilitación .....	104
Ecuación N° 13 Desarrollo del agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas .....	104
Ecuación N° 14 Desarrollo del agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas tras una rehabilitación .....	104
Ecuación N° 15 Inicio y progresión del agrietamiento por reflexión .....	105
Ecuación N° 16 Modelo de peladuras .....	106
Ecuación N° 17 Modelo de iniciación de las peladuras .....	106
Ecuación N° 18 Modelo de baches.....	107
Ecuación N° 19 Incremento anual del número de baches .....	107
Ecuación N° 20 Densificación y consolidación inicial de las capas inferiores .....	108
Ecuación N° 21 Deformación estructural sin agrietamientos .....	109
Ecuación N° 22 Deformación estructural después del agrietamiento .....	109
Ecuación N° 23 Deformación plástica de las capas asfálticas .....	109
Ecuación N° 24 Grupo de fórmulas para regularidad superficial por componente estructural .....	110
Ecuación N° 25 Regularidad superficial por componente agrietamiento.....	111
Ecuación N° 26 Regularidad superficial por roderas .....	111
Ecuación N° 27 Regularidad superficial por baches .....	111
Ecuación N° 28 Regularidad superficial por efectos ambientales.....	112
Ecuación N° 29 Modelo de regularidad superficial .....	112
Ecuación N° 30 Modelo macrotextura .....	112
Ecuación N° 31 Modelo microtextura .....	113
Ecuación N° 32 Cálculo del índice sumatorio .....	198
Ecuación N° 33 Ecuación propuesta para el cálculo del IM en la jerarquización vial .....	199
Ecuación N° 34 Ecuación para determinar el orden de prioridad de la actuación .....	200
Ecuación N° 35 Ecuación para el análisis económico de las propuestas .....	228



---

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Catálogo falla por ahuellamiento .....	264
Anexo N° 2 Catálogo falla por hundimiento .....	265
Anexo N° 3 Catálogo falla por corrugación .....	266
Anexo N° 4 Catálogo falla por corrimiento .....	267
Anexo N° 5 Catálogo falla por hinchamiento .....	268
Anexo N° 6 Catálogo falla por fisura longitudinal .....	269
Anexo N° 7 Catálogo falla por fisura transversal.....	270
Anexo N° 8 Catálogo falla por fisuras en bloques .....	271
Anexo N° 9 Catálogo falla por fisuras piel de cocodrilo .....	272
Anexo N° 10 Catálogo falla por fisuras reflejadas .....	273
Anexo N° 11 Catálogo falla por fisuras en arco.....	274
Anexo N° 12 Catálogo falla por desprendimiento / descubrimiento de agregados .....	275
Anexo N° 13 Catálogo falla por peladuras .....	276
Anexo N° 14 Catálogo falla por estrias longitudinales .....	277
Anexo N° 15 Catálogo falla por baches .....	278
Anexo N° 16 Catálogo falla por rotura de bordes .....	279
Anexo N° 17 Catálogo falla por pulimento de la superficie .....	280
Anexo N° 18 Catálogo falla por exudación de asfalto .....	281
Anexo N° 19 Catálogo falla por bombeo / exudación agua .....	282
Anexo N° 20 Catálogo falla por bacheo.....	283
Anexo N° 21 Principales acciones que generan fallas en los pavimentos .....	284
Anexo N° 22 Expectativas de los diferentes actores que interviene en la explotación vial .....	285
Anexo N° 23 Indicadores propuestos para el seguimiento y monitoreo del sistema de gestión .....	286



Ing. Fernando Patricio Carpio Carrera en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "SISTEMA INSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DE ESTRATEGIAS DE PLANIFICACION Y CONSERVACION DE CAMINOS RURALES EN LA PROVINCIA DEL AZUAY", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de Noviembre del 2017

ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA  
C.I: 0102856663



ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA autor de la tesis "SISTEMA INSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DE ESTRATEGIAS DE PLANIFICACION Y CONSERVACION DE CAMINOS RURALES EN LA PROVINCIA DEL AZUAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 10 de Noviembre del 2017

ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA  
C.I: 0102856663



## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño

Al Señor, mi Dios; que me ha dado la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

A mis amores: Mikaela y Sebastián, quienes con sus juegos e inocencia formaron el pilar más importante de mi vida, ya que sin su cariño, comprensión y fortaleza jamás hubiese podido conseguir las metas propuestas.

A mi compañera de vida y amada esposa Fabiola por su amor, apoyo y desprendimiento; sin ti amor nada de esto sería posible.

También dedico este proyecto a mi madre que me dio la vida y ha estado conmigo en todo momento. A mi hermana quien me apoyo incondicionalmente durante toda mi vida y aunque hemos pasado cosas muy difíciles nunca dejo de alentarme.

F.CARPIO

“El conocimiento es parte de la humanidad y por tanto, no del que lo tiene si no del que lo sabe aprovechar.”

S. NAVARRO



## **AGRADECIMIENTOS**

**COMO AUTOR DE ESTE PROYECTO DE TITULACIÓN, MI ETERNA GRATITUD**

**A MIS PADRES, QUE HAN SABIDO FORMARME CON BUENOS SENTIMIENTOS, HÁBITOS Y VALORES, LO CUAL ME HA AYUDADO A SALIR ADELANTE EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES, Y POR DEMOSTRARME SIEMPRE SU CARÍÑO Y APOYO INCONDICIONAL.**

**A MIS MAESTROS QUIENES ME ENTREGARON SUS SABIAS ENSEÑANZAS.**

**A MIS AMIGOS INCONDICIONALES QUE FUERON TESTIGOS DE MIS TRIUNFOS Y FRACASOS. YA QUE SUS SABIOS CONSEJOS ME AYUDARON A CULMINAR MIS ESTUDIOS.**

**AL ING. MSc. ÁLVARO VINTIMILLA AMIGO Y DIRECTOR DE ESTE PROYECTO DE TITULACIÓN, AL ING. PhD. JAIME BOJORQUE E ING. PhD. DANIEL MOGROVEJO QUIENES CON SU INFINITA PACIENCIA, TIEMPO Y TALENTO ORIENTARON LA PLANIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.**

**A MI PRESTIGIOSA UNIVERSIDAD DE CUENCA, YA QUE EN SUS AULAS RECIBÍ LOS MÁS GRATOS RECUERDOS EN MI PREGRADO Y AHORA LAS MÁS GRANDES EXPERIENCIAS EN ESTE MASTERADO.**



## **GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIMBOLOGÍA**

**GESTIÓN VIAL:** “Administración de una carretera o un tramo de ella, sobre la base de estudios viales sustentados en información confiable y precisa; construcción con altos estándares de calidad; provisión de datos históricos para la conservación de la carretera; Inventarios y monitoreos; obras de mantenimiento oportuno y sostenimiento de niveles de servicio satisfactorios para los usuarios.” [1]

**NIVEL DE SERVICIO:** “Índice de calificación que generalmente va de A hasta F, de las condiciones funcionales, estructurales, de visibilidad, transitabilidad y seguridad de una carretera, que revela el grado de confort para los usuarios, siendo A una vía en condiciones excelentes y F, una vía en pésimas condiciones. Tiene estrecha relación con indicadores como: el Índice de Serviciabilidad (PSI), que califica las condiciones superficiales del pavimento, según las fallas observadas y medidas; la regularidad longitudinal y transversal; la textura, entre las principales.” [1]

**MANTENIMIENTO VIAL:** “Trabajos de cuidado de los elementos constitutivos de una vía, para conservarla en estado satisfactorio y evitar así su deterioro temprano que permita cumplir con su periodo de diseño.” [1]

**PERIODO DE DISEÑO:** “Tiempo esperado, de acuerdo al diseño, para que una vía se mantenga con niveles de servicio aceptables, antes de realizar reconstrucciones, ampliaciones, variantes o modificaciones para satisfacer nuevas demandas.” [1]

**COSTO DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS:** “Sumatoria de gastos que realizaría un usuario en mantener operable un vehículo tipo, para que pueda transitar por una carretera.” [1]

**TPDA (TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL):** “Unidad de medida utilizada para indicar el volumen de tráfico de una carretera.” [1]

**DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO:** “Asentamiento elástico, medido generalmente en micromilímetros, producido en la capa de rodadura por el paso de una carga (vehículo).” [1]

**REGULARIDAD LONGITUDINAL:** “Uniformidad de una carretera en el desplazamiento longitudinal de un vehículo. Su indicador es el IRI (Índice de Regularidad Internacional)” [1]

**REGULARIDAD TRANSVERSAL:** “Uniformidad transversal de una carretera en el desplazamiento de un vehículo. Uno de los principales indicadores es el “surco de





huella”, asentamiento producido generalmente por el paso repetitivo de vehículos pesados sobre un mismo “rastros”. También se determinan irregularidades, hundimientos o elevaciones superficiales intermedios o laterales en la sección transversal del camino.” [1]

**FISURACIÓN:** “Aspecto superficial de una capa de rodadura respecto a la presencia de grietas de diferente severidad. Su indicador internacional es el Índice Unificado de Fisuración.” [1]

**COSTO:** “Egresos y recursos que se sacrifican para la realización de un proyecto, programa o plan. Dentro de los costos se incluyen los impactos negativos que un proyecto pueda generar sobre la población afectada.” [1]

**EFFECTIVIDAD:** “Relación entre los recursos sacrificados y el impacto obtenido por un proyecto, programa o plan. La mayor efectividad se alcanza al hacer un uso óptimo de los recursos disponibles, alcanzando los impactos esperados de la inversión.” [1]

**EJECUCIÓN:** “etapa dentro del ciclo del proyecto durante la cual se realizan las inversiones del proyecto.” [1]

**HORIZONTE DE EVALUACIÓN:** “Período seleccionado para el análisis de los beneficios y costos de un proyecto, programa o plan en las etapas de inversión y operación.” [1]

**INVERSIÓN:** “Etapa en la cual se realiza la construcción y demás actividades para el montaje de un proyecto. En algunos casos, la etapa de inversión se realiza simultáneamente con la etapa de operación (proyectos continuos).” [1]

**OPERACIÓN:** “Etapa dentro el ciclo del proyecto durante la cual se perciben los beneficios derivados de todas las inversiones realizadas durante la ejecución. En algunos casos, la etapa de inversión de realiza simultáneamente con la etapa de operación (proyectos continuos).” [1]

**VIDA ÚTIL DEL PROYECTO:** “Período de tiempo en el cual el proyecto genera todos los beneficios para los cuales fue concebido. Corresponde generalmente a la etapa de operación del proyecto.” [1]

**Base Asfáltica:** Compuesto por una base y un pavimento asfáltico y el cual está constituido por una capa intermedia y otra de rodadura, la sub-base puede ser granular o bien tratada con un ligante hidráulico o hidrocarbonado.

**TMDA:** Tráfico Medio Diario Anual



**ETWTR:** Unidad de Transporte del Departamento de Energía, Transporte y Agua (Banco Mundial)

**PIB:** Producto Interno Bruto

**HDM:** Modelo de Desarrollo y Gestión de Carreteras (Highway Development & Management Model)

**IQL:** Nivel de Calidad de la Información (Information Quality Level)

**IRI:** Índice de Rugosidad Internacional

**Km:** Kilómetro

**PAM:** Modelo de Evaluación de Desempeño (Performance Assessment Model)

**PMS:** Sistema de Gestión de Pavimentos (Performance Assessment Model)

**RED:** Modelo de Decisión Económica de Carreteras (Road Economic Decision Model)

**RMI:** Iniciativa de Gestión Vial (Road Management Initiative)

**ROCKS:** Sistema de Conocimiento de Costos de mantenimiento e inversión en Carreteras (Road Cost Knowledge System)

**RONET:** Herramienta para la Evaluación de Redes Viales (Road Network Evaluation Tools)

**RUC:** Modelo de Cargos a los Usuarios de Carreteras (Road User Charges Model)

**RUCKS:** Sistema de Conocimiento de Costos de los Usuarios de Carreteras (Road User Costs Knowledge System)

**TS:** Tratamiento Superficial

**CTT:** Costos Totales de Transporte

**USD:** Dólares estadounidenses

**VOC:** Costo de Operación de Vehículos (Vehicle Operating Cost)

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

**SANRAL:** Agencia Nacional de Vialidad de sur África (South African National Road Agency Ltd.)

**MR&MP:** Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico

**TRRL:** Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (Transport and Road Research Laboratory)



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

“CUANDO LLEGAN LAS CARRETERAS, LLEGA EL DESARROLLO... LA RESPONSABILIDAD DEL MANTENIMIENTO Y DEL SENTIDO DE PROPIEDAD ESTAN VINCULADOS. SIN UN SENTIDO DE PROPIEDAD, EL MANTENIMIENTO NO TENDRA LUGAR” [2]

### **1. CAPÍTULO I: “INTRODUCCIÓN”**



Desde el principio de la existencia del ser humano, su evolución a través de los años, el crecimiento poblacional de las diferentes civilizaciones fue generando la necesidad de encontrar la manera de satisfacer sus múltiples carencias, entre ellas, la comunicación, movilización e integración con otras culturas y regiones.

Las carreteras fueron los primeros signos de civilización avanzada y son la clave para el desarrollo y crecimiento de las comunidades más alejadas de los centros poblados ya que han permitido establecer importantes relaciones de tipo cultural y comercial mejorando de manera significativa la calidad de vida de sus habitantes; aunque no se puede discutir el avance que tienen los asentamientos humanos circundantes a una vía, en un mundo globalizado las carreteras también marcan la diferencia entre países desarrollados y en vías de desarrollo, siendo los primeros quienes están a la vanguardia en tecnología, métodos constructivos, programas de conservación, seguridad vial y otras innovaciones, que con el paso del tiempo ha influido en el mejoramiento de la función de la carretera lo que ha permitido no solo comunicarse sino que han inclinado la balanza del desarrollo económico y social de sus países.

No se debe olvidar que el estado de las estructuras viales influye en muchos factores; entre los principales se puede citar: consumo de combustible, confort al usuario, costes del transporte, duración de los neumáticos, seguridad vial, tiempos de viaje, estado mecánico de los vehículos; en un estudio realizado por el Instituto de Estudios de Transportes y Comunicaciones de España [3] refleja:

1. Las regularidades superficiales moderadamente deficientes podían significar aumentos del consumo de combustible del 12% en vehículos pesados y del 34% en vehículos ligeros.
2. Un estado deficiente del pavimento puede suponer incrementos de los costes de mantenimiento de los vehículos del 129% en el caso de los pesados y del 185% en el caso de los ligeros.
3. De igual manera, una estructura vial defectuosa influye con una disminución de la vida de los neumáticos del 10% en el caso de los pesados y del 66% en el caso de los ligeros.
4. En cuanto a la influencia del estado de la vía en el confort de los usuarios es obvia la incidencia negativa que tienen deterioros como baches, resaltos, escalonamientos, ondulaciones, etc. que pueden causar alteraciones en los conductores y pasajeros de los vehículos.



5. Por último, en lo que se refiere a la posible influencia del estado del firme en la fluidez del tráfico no debe olvidarse que la capacidad y el nivel de servicio de una vía dependen conceptualmente, entre otros factores, de las condiciones físicas de la vía.

De ahí la importancia de implantar un sistema que genere políticas y planes de mantenimiento adecuados que permitan optimizar recursos a las entidades gubernamentales a través del tiempo y a mantener las condiciones óptimas de transitabilidad peatonal y vehicular durante todo el tiempo, ya que una red vial pasa a representar parte de un patrimonio de la sociedad el cual debe ser conservado y mantenido en el tiempo.

El presente proyecto es una propuesta de Sistema de Gestión Vial (SGV) para instituciones públicas y tiene como objetivo el proponer una metodología que le permita a cada Institución abordar las decisiones de reparación y diseño basadas en criterios políticos (presión popular, reclamos, compromisos y otros factores), para pasar a un sistema objetivo, técnico, racionalizado y programado con base probabilística y estocástica, basada en evaluaciones funcionales y de confort que provee el sistema vial.

## **1.1. ANTECEDENTES**

La mayoría de nosotros todavía nos impresionamos por la construcción de gigantescas autopistas, caminos y carreteras. Sin embargo, la construcción de caminos es, probablemente, un arte mucho menos antiguo que el de construir puentes, y uno en el cual el progreso no fue rápido en modo alguno; porque los primeros pueblos y ciudades eran comunidades que se autoabastecían, y no sentían necesidad urgente de ponerse en comunicación con otros poblados. De manera que los caminos por los cuales transitaban los escasos mercaderes de los tiempos primitivos, no eran rara vez más que senderos. [4]

Los antiguos caminos del Ecuador datan del tiempo de los incas, quienes utilizaban las llamas como animales de carga; en ese tiempo aún no se utilizaba la rueda pero existían de igual forma buenos caminos de hasta 6 metros de ancho. El camino más usado de entonces era el que iba desde la Costa de Ecuador hasta el Centro de Chile con un total de 6.400 Km. de largo, llamado “Camino del Inca”. Estos caminos siguieron usándose por los conquistadores españoles, quienes también los incorporaron en su



legislación, pues figuran en sus ordenanzas sobre los itinerarios de postas y correos reales. [5]

Desde el legendario camino del Inca hasta nuestros días, el desarrollo vial ha sido uno de los elementos fundantes sobre el cual el Ecuador se ha ido constituyendo. Un camino, una vía, una carretera, un puente, son así no solamente puntos de unión y de encuentro, sino que además implican, en su sentido más profundo, un acto cultural mediante el cual los hombres que habitan un territorio lo hacen suyo integrándolo como una dimensión concreta de sus vidas, pero también de sus sueños, de su espíritu y pertenencia. [6]

Según historiadores [7] y como años cruciales en el desarrollo de los caminos del Ecuador se pueden mencionar:

1.555: El gobierno de España instruía al Virrey Marqués de Cañete que por las inmoderadas cargas que llevan los indios, se abran caminos y puentes; construyéndose caminos de herradura.

1.878: Primera concesión de explotación petrolera en la zona litoral del país.

1.743: En este año los americanos han construido caminos con trocitos de palo de seis o siete palmos de longitud y del espesor conveniente, y se denominan empalizadas.

1.924 - 1.925: Primer impuesto (20 centavos de sucre para cada litro de gas carbónico en el ferrocarril) destinado al mantenimiento vial en el país en el gobierno del Dr. Segundo Córdova y Rivera y celebración del primer contrato de trabajo de reparación.

1.929: En este período, cabe destacar que, mientras se daba relativo interés a las obras de construcción, que eran controladas por las “Juntas de Caminos”, no había interés en labores de mantenimiento, que inclusive se suspendieron en aproximadamente 17 años, desde 1908 a 1924.

1.942: Se conforma la sociedad de ingenieros y arquitectos del Ecuador

1.962: Aunque no se hace referencia a la primera vía en ser asfaltada en el país, en este año ya se indica en el registro de la red vial del país.

1.967: Brota el petróleo ecuatoriano. El Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha inicia sus servicios a la comunidad el 7 de marzo de 1967. Hasta este año la red vial total del país corresponde a 22.537 km.

1.972: El Estado Ecuatoriano crea una empresa petrolera que inicia sus trabajos de explotación en la Provincia de Santa Elena bajo el nombre de CEPE (Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana) (CEPE) el 23 de Junio de 1972, hoy en día y debido a varias



reformaciones y reestructuraciones en su actividad CEPE paso a ser lo que hoy en día se conoce como EP PETROECUADOR.

1.973: Se establecen las “Normas para el Diseño de Carreteras” y el “Manual de Diseño de Carreteras”.

2.008: La Nueva Constitución Ecuatoriana, publicada en octubre del 2008, en los artículos referentes a Gobiernos Regionales, Gobiernos Provinciales, Gobiernos Municipales y Gobiernos Parroquiales señala claramente las competencias en cuanto a vialidad.

El estilo de desarrollo de la sociedad está conformado por las actividades que la población realiza sobre el territorio que lo ocupa, por lo que, las interrelaciones entre los distintos cantones, parroquias, pueblos, comunas, se dan a través de las diferentes vías existentes en la provincia, lo que implica que debería existir un adecuado nivel de mantenimiento de la infraestructura vial, pues a través de las carreteras se produce un adecuado y esperado desarrollo económico para la población, se establece una estrecha comunicación con el exterior, el acceso a los servicios para confort de la población, el fomento al turismo; y, el apoyo a las actividades de la ciudadanía en general.

Hoy en día los sistemas viales construidos en los territorios que se encuentran colindantes a las vías, han promovido la instalación de equipamientos, zonas productivas, áreas industriales; se han generado sectores habitacionales y de expansión urbana lo que ha influido en la conformación de la vivienda dispersa, es por ello que es necesario disponer de un correcto servicio de redes viales que estén protegidas de ciertos factores y de usos inadecuados del suelo.

Sin temor a dudas las vías son generadoras de grandes cambios en los territorios que los atraviesan, pues tienen las condiciones óptimas para facilitar la movilidad. Estos cambios, si bien generan desarrollo económico, crecimiento y aumento de la calidad de vida de las personas que están dentro de la zona de influencia de la vía, también traen consigo dos problemas sociales que ponen en riesgo a la población y que hacen ineficiente al sistema vial como la inseguridad social (aumento de la delincuencia), inseguridad vial (accidentes de tránsito).

En los países desarrollados, el diseño, la construcción y mantenimiento de las carreteras, se han desarrollado en función de conseguir su durabilidad y mantener un nivel de servicio que permanentemente brinde confort y seguridad a los usuarios. Los problemas suscitados en las vías debido a las deficiencias de diseño, la construcción





defectuosa y de daños por falta de mantenimiento, están siendo superadas mediante la aplicación de técnicas modernas de construcción y control de calidad, apoyados desde todo momento con un adecuado sistemas de gestión vial, que identifique oportunamente las fallas y con políticas de conservación e intervenciones programadas y oportunas mantienen una Red Vial en óptimas condiciones para el Usuario.

## **1.2. PLANTEAMIENTO E INTERPRETACIÓN DEL PROBLEMA**

Las vías y carreteras en el mundo y de manera particular en Ecuador se constituyen en un pilar fundamental de desarrollo y comunicación, razón por la cual el correcto diseño, mantenimiento y mejoramiento de las mismas se hace indispensable para cumplir el objetivo para la cual fue o será diseñada y construida.

Por más voluntad oficial que exista para atender el sistema vial, éste será frágil debido a las décadas de abandono, las incidencias climáticas con frecuencia extremas y la complicada topografía andina que son entre los principales factores que complican un correcto sistema de diseño, mantenimiento y mejoramiento de caminos rurales.

Un sistema de Gestión Vial obsoleto con el tiempo provocará carreteras convertidas en trochas, con interminables reconstrucciones, ajustes de precios, ampliaciones de plazos y tantos mecanismos engorrosos, nada eficientes y difíciles de ser superados.

Las diferentes Instituciones Gubernamentales en la Provincia del Azuay tales como Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Gobiernos Autónomos Descentralizados tanto Provinciales, Cantonales y Parroquiales cuentan con departamentos de:

**VIALIDAD:** poseen a su cargo equipos camineros dedicados a la ejecución de trabajos de mantenimiento y mejoramiento vial.

**PLANIFICACIÓN:** son los encargados de estructurar planes de acción para la vialidad correspondiente a la competencia de cada institución.

**FISCALIZACIÓN:** departamento encargado de velar por la correcta ejecución de las obras en sus variadas modalidades ya sea bajo administración directa o bajo contratación.

Pero desgraciadamente estos ejes operan en forma fraccionada, independiente, aislada y conjuntamente con la falta de un apropiado Sistema de Gestión Vial, ha provocado que los multiples trabajos en torno a la vialidad se vean priorizados por presiones populares y/o financieras, lo que conlleva a destinar presupuestos





insuficientes para proyectos colapsados, por lo cual se debe acudir al estado central que tampoco puede atender las necesidades en este campo.

No se debe nunca olvidar que la vialidad es un rubro que obliga a pensar en largos plazos y cuantiosas inversiones, para la construcción, mantenimiento, mejoras y reparaciones. Sin olvidar que las legítimas aspiraciones de los diferentes pueblos, comunidades y más niveles de organización social, de mejorar las condiciones de las vías que los conectan hacen que el aporte fiscal siempre resulte insuficiente, quedando como única solución la implementación de medidas que garanticen adecuados niveles de servicio en las vías.

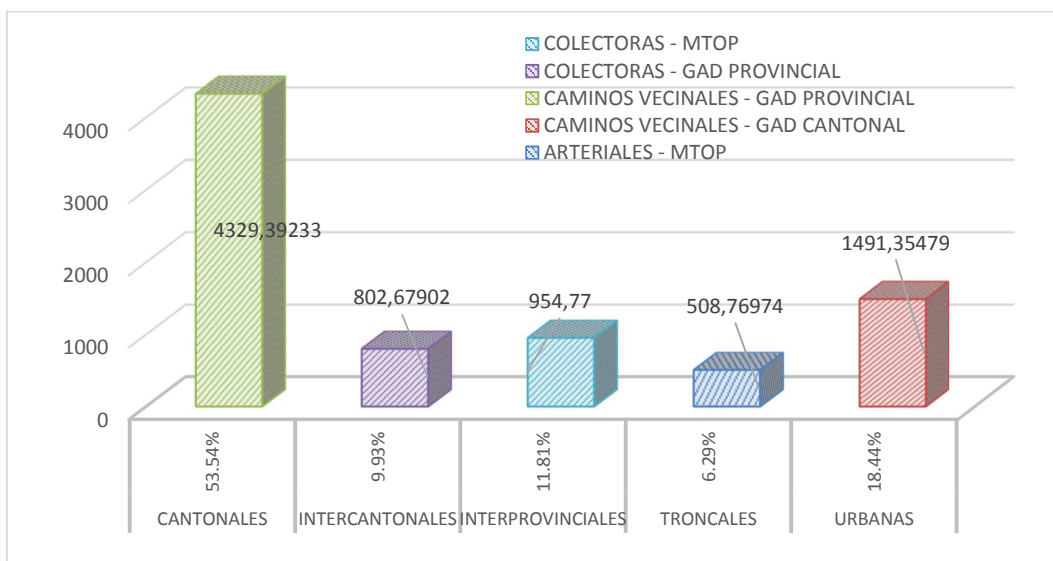
La Provincia del Azuay cuenta con alrededor de 8,086.97 km de vías asignadas constitucionalmente como competencias exclusivas al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, al Gobierno Provincial del Azuay (GPA), Gobiernos Autónomos descentralizados Cantonales y Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales [8]; en la Tabla N°1 se puede apreciar la clasificación vial del MTOP y cantidad de kilómetros en la Provincia del Azuay.

CLASIFICACION	CARACTERISTICA	Km	%	COMPETENCIA
ARTERIALES	TRONCALES	508.77	6.29%	MTOP
COLECTORAS	INTERCANTONALES	802.68	9.93%	GAD PROVINCIAL
COLECTORAS	INTERPROVINCIALES	954.77	11.81%	MTOP
CAMINOS VECINALES	CANTONALES	4329.39	53.54%	GAD PROVINCIAL
CAMINOS VECINALES	URBANAS	1491.35	18.44%	GAD CANTONAL
TOTAL		8086.97	100%	

**Tabla N°1** Clasificación de vías en la provincia del Azuay

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

Como se puede apreciar un poco más del 18% de estas vías están bajo la competencia exclusiva del MTOP, como son vías troncales e interprovinciales mientras tanto que el mayor porcentaje de vías por intervenir están bajo competencia de los GAD's Provincial, Cantonal o Parroquial Rural, esta distribución de kilómetros y competencias institucionales se puede ver reflejada en la Ilustración N° 1.



**Ilustración N° 1 Distribución de kilómetros y competencias institucionales en la provincia del Azuay**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

Adicionalmente en la Tabla N° 2 se puede apreciar la clasificación de la red vial de la Provincia del Azuay según su terminado de calzada.

TIPO DE CALZADA	Km	%
PAVIMENTADA	1458.08	18.03%
MAT. MEJORAMIENTO	5821.00	71.98%
TIERRA	807.89	9.99%
<b>TOTAL</b>	<b>8086.97</b>	<b>100%</b>

**Tabla N° 2 Clasificación de vías en la provincia del Azuay según su tipo de calzada**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

Donde se puede observar que el 18.03% (1458.08km) representa vías con un buen terminado de rodadura ya sea este hormigón, asfalto, DTSB, etc., el 81.97% (6628.29 km) [10] se engloban vías no pavimentadas, considerando que estos valores con cada año aumentan su valor debido a la creciente demanda de población en aperturas viales, mejoramiento de la rodadura y derecho de interconexión a los pueblos vecinos lo que conlleva a nuevas vías por conservar.

El mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento y construcción de las carreteras en el país se han ejecutado siguiendo los lineamientos, especificaciones y recomendaciones determinadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) presentadas en el Manual de Mantenimiento y Especificaciones MOP 2000, Manual de Mantenimiento MOP y recientemente con la incorporación de las normas



NEVI-12, sin embargo dichas especificaciones no proporcionan información clara para la futura gestión y programación de intervenciones.

En el Azuay no se dispone de un sistema de gestión vial completo tanto de carreteras urbanas como rurales que administra cada institución; como consecuencia de esta carencia o debilidad de las instituciones encargadas de la conservación vial, con frecuencia no pueden expresar con oportunidad y exactitud cuándo se requiere conocer información relevante a las vías necesarias de intervención para una adecuada gestión de la conservación vial.

Uno de los problemas de los múltiples que se han observado es la generación de un deterioro progresivo de las vías, debido a la falta de un adecuado sistema de oscultación, inventario, monitoreo y de provisión de datos para futuros planes, estrategias y programas de intervención, aplicable a la realidad física, económica y social de la provincia, desencadenando en la necesidad de realizar costosas reconstrucciones luego de un prolongado periodo de operación con niveles de servicio muy por debajo de los estándares recomendados para proporcionar al usuario confort y seguridad en sus viajes.

[11]

Como análisis de la problemática vial actual de nuestra provincia han surgido varias interrogantes de la cuales se puede citar:

- ¿Cuáles son los mayores problemas y principales aspectos por los que se deterioran las carreteras rurales en la Provincia del Azuay?
- ¿Cuáles son los distintos niveles de mantenimiento vial existentes y cuáles son de aplicación para nuestra provincia?
- ¿Cuál es el sistema institucional más apropiado para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la Provincia del Azuay?
- ¿Cuáles son las principales características que debe poseer un sistema de gestión vial exitoso para la provincia?
- ¿Por qué los diferentes entes gubernamentales en la provincia no intervienen con un oportuno y efectivo mantenimiento vial en su jurisdicción utilizando un adecuado sistema de gestión vial?
- ¿Por qué no se ha implementado un único sistema de gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos en la provincia del Azuay y en el país?
- ¿Por qué hay poca información histórica sobre la construcción y las diferentes intervenciones que han tenido las carreteras en la Provincia del Azuay?



- ¿Qué relación tienen el mantenimiento vial versus los costos de operación vehicular?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de indagación desde el punto de vista Técnico se realiza:

- Con el fin de identificar las acciones necesarias que se deben ejecutar dentro del proceso de mantenimiento de las vías rurales de la Provincial del Azuay; en este sentido se busca establecer claramente cuáles son las etapas necesarias e indispensables que se debe tener en cuenta para la Gestión de Mantenimiento Vial.
- Debido a la carente difusión de investigaciones, se puede apreciar la carencia a nivel provincial de un estudio de investigación de los sistemas viales en torno a su diseño, mantenimiento y durabilidad, los mismos que se pueden evidenciar en las diferentes comunidades y parroquias, concluyéndose sobre la necesidad de efectuar estudios más profundos en acuerdo a la geografía y climas de las regiones del país.
- El aumento en el deterioro de vías en nuestro país se debe a un Sistema de Gestión de Mantenimiento deficiente, puesto que las instituciones que sostienen esta competencia no se encuentran administrativamente preparadas al igual que no cuentan con normas, principios y metodologías suficientemente claras, sólidas, justas y efectivas lo que ha conllevado a un ciclo fatal de las carreteras.

Desde el punto de vista Social la elaboración de este documento es necesaria:

- En la medida en que si su contenido se logra consolidar como efectivo y eficiente a futuro en la práctica, el trabajo de investigación podría convertirse en un referente académico, en consecuencia a través de su uso, se alcanzaría un desempeño eficiente en este tipo de procedimientos ingenieriles y se lograría que el desempeño de las instituciones públicas aumente y en este sentido se disminuiría en gran termino las perturbaciones y molestias que deben sufrir los ciudadanos con la expectativa y espera de mantenimiento y mejoramiento vial.
- Es competencia del Estado a través de sus dependencias gubernamentales, el garantizar obras de excelente calidad y durabilidad para obtener un sistema vial



que minimice costos de operación y mantenimiento vial, además de mejorar la seguridad y calidad para beneficio de sus usuarios.

Finalmente, desde un enfoque de tipo Económico se busca que:

- Con las limitaciones económicas en los presupuestos a las cuales se ven sometidos las instituciones gubernamentales en el Azuay, incide directamente en la desatención en el mantenimiento vial. Considerando estas limitaciones se hace evidente la necesidad de un adecuado Sistema de Gestión Vial donde se priorice el mantenimiento y la conservación de vías como una solución económica y eficiente de conservar el estado de la capa de rodadura; de esta manera se permitiría que los asentamiento humanos colindantes a la vía, usuarios y beneficiarios de un sistema vial no se sientan olvidados de las autoridades y al contrario se produzca una elevación del autoestima de la población al saber que están siendo atendidos en su desarrollo económico y social.
- Con el uso de un Sistema de Gestión Vial adecuado en las instituciones gubernamentales disminuyan costos tanto para la ciudadanía quienes son los usuarios permanentes de las vías a intervenir y a cada institución en lo referente a un adecuado, correcto y eficiente mantenimiento vial.
- Los costos de mantenimiento tanto rutinario y periódico (MR&MP) de una vía asfaltada son mínimos en relación a los costos de reconstrucción o rehabilitación de la misma vía; y mucho más menores a los de la construcción de una nueva vía.
- Los costos por transporte, sean menores en vista que en condiciones óptimas de conservación de la calzada evitarían la destrucción progresiva de vehículos; además se ahorrarían recursos naturales provenientes de la explotación de minas y se contribuiría a la conservación de los mismos en base de un desarrollo sustentable.

Es así que bajos las anteriores razones de tipo técnico, social y económico se encuentran especial interés en realizar este documento académico a través de un trabajo responsable y serio de recopilación y análisis de información y datos.



## **1.4. HIPÓTESIS**

- La elaboración de un adecuado Sistema Institucional de Gestión de Estrategias de Planificación y Conservación de caminos rurales aplicable a la realidad física, económica y social de las parroquias y cantones en la Provincia del Azuay, permitirá la reducción de los costos de mantenimiento vial y operación vehicular además de una disminución del deterioro de los elementos viales y un aumento en la calidad de vida de los beneficiarios de proyectos viales.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar para los entes gubernamentales que operan en la Provincia del Azuay un sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Detectar y analizar los principales problemas por los que se deterioran las carreteras en la Provincia del Azuay.
- Investigar programas y métodos de Sistemas de Gestión Vial, factibles de ser utilizados para la aplicación confiable en la Provincia del Azuay.
- Definir una metodología de fácil comprensión para suministrar información histórica sobre la intervención, estado, condición de las carreteras que sirvan como alimentación al Sistema de Gestión para una adecuada planificación de la intervención sobre las mismas.
- Proponer un Sistema de Gestión Vial aplicable en la Provincia del Azuay.

## **1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de titulación aborda una solución al Sistema de Gestión de Mantenimiento de Vías rurales en la Provincia del Azuay, con la consulta de la información referente a planes e intervenciones en vías a cargo de las diferentes instituciones seccionales gubernamentales involucradas en el mantenimiento y la conservación vial. Se desarrolla en un periodo comprendido entre los meses de octubre 2016 a julio 2017.



El objeto de esta investigación se ubica dentro del campo de la Ingeniería Vial, rama del Mantenimiento vial subdivisión de Gestión y Administración Vial.

## **1.7. METODOLOGÍA**

El presente proyecto de Titulación es una combinación de tipo documental, descriptiva y explicativa, mismo que se sostiene en los diferentes tipos de investigaciones, documentos y normativas existentes, se la define como investigación-acción: es una investigación aplicada, enfocada a encontrar soluciones a dificultades de gestión y manejo de la información de instituciones públicas en la Provincia del Azuay y promover una mejor toma de decisiones, en menor tiempo.

Para fundamentar la investigación, se establecen las modalidades de gestión en proyectos viales que lleva a cabo cada institución pública en su jurisdicción como modelos de aplicación, se coordinará con los respectivos entes gubernamentales: Departamentos de Vialidad, Planificación, Fiscalización, Centros de Investigación, Empresas Públicas y Privadas, Colegios Profesionales, Cámaras de la Construcción, Organismos Internacionales de Desarrollo a través de sus Directores y Gerentes para la obtención de información necesaria para complementar datos requeridos para el sistema a proponer.

Se consultará e investigará bibliográficamente, la información relacionada con experiencias internacionales y nacionales de acuerdo al tema propuesto; básicamente se establecerán las principales líneas:

- Sistemas de Administración y Mantenimiento Vial
- Sistemas de Gestión y Planificación Vial.
- Costos de Mantenimiento Vial
- Normas Nacionales e Internacionales

Las NEVI-12 difundidas por el MTOP serán parte de esta guía, como también modelos de mantenimiento vial exitosos utilizados en otros países; el objetivo es obtener un modelo que integre gran parte de criterios aplicables a la realidad en la Provincia del Azuay con el fin de que se programe un plan de mantenimiento vial para ser aplicado en vías asfaltadas en la provincia del Azuay.

Se propone un sistema de gestión vial que se espera sirva como modelo para que sea utilizado por las entidades responsables de la conservación de las carreteras.



## CAPÍTULO II

### ESTADO DEL CONOCIMIENTO

“LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA, PUEDE CREAR DESARROLLO TEMPORAL, PERO... ¿CREARÁ RIQUEZA CUANDO ES ABANDONADA Y NO PROPORCIONA NIVELES DE CONFORT Y SEGURIDAD A SUS USUARIOS?...LAS INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES RECLAMAN POR MÁS RECURSOS PARA MANTENIMIENTO VIAL... PERO REPRUEBAN EN GESTIÓN VIAL”

## 2. CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

### 2.1. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL

a. *Las carreteras patrimonios<sup>1</sup> nacionales estratégicos que sostienen la actividad económica*

---

<sup>1</sup> El patrimonio nacional de caminos (o; patrimonio vial) es el conjunto de toda la infraestructura vial, de la cual se esperan beneficios para generaciones presentes y futuros. El patrimonio vial tiene un valor que puede ser calculado en términos monetarios.



Las carreteras son activos nacionales importantes, las carreteras son el principal activo del transporte tanto de pasajeros como de carga a nivel mundial. Su extensión global comprende millones de kilómetros, e invariablemente constituyen activos públicos muy significativos y valiosos, lo que las convierte en el mayor activo público nacional. El mantenimiento vial influye drásticamente en la velocidad a la que se deprecia su valor y determina el efecto que tienen en los usuarios y en la sociedad. Sin un mantenimiento vial adecuado, el valor patrimonial de cualquier red de carreteras disminuye rápidamente, teniendo como resultado importantes efectos adversos para los usuarios y la sociedad. [12]

El transporte por carretera es una plataforma de la actividad económica. Según cálculos basados sólo en el valor agregado de los servicios de transporte, el transporte carretero suele representar un porcentaje de entre 3 y 6 % del PIB de un país [13]. Sin embargo, estos cálculos ignoran una serie de elementos, como combustibles, equipos de transporte e infraestructuras, que aumentan la contribución de la transportación al PIB hasta niveles más realistas de entre un 10% y un 20%. Los datos del Foro Internacional del Transporte (países de la OCDE y otros como China, India y Rusia), sugieren que, considerando todo el transporte terrestre de pasajeros, el transporte por carretera representa el 83% de los viajes de pasajeros, a continuación en la Tabla N° 3 se puede observar los porcentajes de participación en un matriz modal de transporte para algunos de los países de América Latina. [12]

	CARRETERO	FERROVIARIO	FLUVIAL Y MARITIMO	AEREO
ARGENTINA	95%	4%	1.0%	-
BRASIL	56%	27%	13%	4%
CHILE	93%	4%	3%	-
COLOMBIA	71%	27%	2%	-
MEXICO	73%	13%	4%	10%
URUGUAY	92%	3%	1%	5%
ECUADOR	84%	0.80%	9.2%	5.9%

**Tabla N° 3 Porcentajes de participación según modalidad de transporte**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada

Al envejecer la infraestructura vial esto imputable a diferentes causas y variables<sup>2</sup>, requiere mayores tareas de mantenimiento. El requerimiento de

<sup>2</sup> Las causas están asociadas a variables intrínsecas o sea las características propias de la mezcla asfáltica a saber: el cemento asfáltico, los agregados, el contenido de vacíos y la película de asfalto que recubre los agregados. Las variables extrínsecas son la temperatura de producción de la mezcla, la humedad, la radiación ultra violeta y la temperatura ambiente. De otro lado también influyen las variables externas que ofrecen algún tipo de alteración en el proceso de producción de la mezcla, el almacenamiento y transporte, la construcción de la capa asfáltica, y la explotación de la carretera [198]



conservación es directamente proporcional al envejecimiento de la carretera; entre más tiempo pasa mayor es la necesidad de conservación esto debido principalmente a que la vía se torna más frágil, menos resistente y más susceptible de sufrir contratiempos.

En algunos países los diseños viales se realizan bajo parámetros como alta velocidad de circulación, doble objetivo (reversibles), ancho y número mínimo de carriles y sobre todo con un diseño para una vida media de 100 años, lo que ha permitido que sus redes viales se encuentren hasta el momento en buen estado.

El tránsito sigue creciendo por factores tales como: la expansión urbana, el aumento en la adquisición de autos privados, el desarrollo urbano, la construcción de nueva infraestructura vial y provocará mayores necesidades de conservación. A medida que los niveles de tráfico aumentan, la necesidad de conservación se incrementa.

Aún en muchos países desarrollados, en los que se ha reducido el ritmo de crecimiento del tráfico a largo plazo, los intentos de maximizar la capacidad de redes congestionadas y de asegurar la movilidad para mayores niveles de tránsito, han llevado a la necesidad de usar elementos cada vez más complejos para gestionar el tráfico. Estos elementos requieren intervenciones de mantenimiento más frecuentes y aumentan los costos de conservación. Con las bajas tasas de crecimiento a las que se extiende la red vial en estos países, se esperaría que la mayor parte del presupuesto en infraestructura carretera se aplique a la conservación vial. Sin embargo, la evidencia indica que está ocurriendo lo contrario, y que la proporción de la inversión dedicada al mantenimiento con respecto a la inversión total de carreteras está decreciendo a pesar del envejecimiento de los activos. Por ejemplo, en los países de la OCDE, la participación de la conservación vial en el gasto total en carreteras fue del 33% en 2005 y había disminuido al 27 % en 2011, a pesar de que el patrimonio vial continúa envejeciendo. [14]

*b. La conservación vial produce diversos impactos*

El impacto que produce el mantenimiento vial es diverso pues influye en varios campos como:

- Seguridad vial
- Medioambientales
- Económicos



- Integración
- Accesibilidad e inclusión social

Dicho impacto puede ser positivo o negativo dependiendo del grado de conservación que se realice, y por ende sus efectos sobre los usuarios y la sociedad también son heterogéneos. Es debido a esto que se requiere:

- Difundir la importancia de un adecuado mantenimiento vial a los responsables de la toma de decisiones
- Impulsar la adopción de decisiones racionales en la planificación de la conservación.

A continuación en la Tabla N° 4 se describe brevemente algunos impactos positivos y negativos del Mantenimiento Vial resaltados por la Asociación Mundial de la Carretera:

SEGURIDAD	Accidentes	Factor importante cuyos costos suelen preverse. Los accidentes pueden aumentar debido al deterioro de los activos u ocurrir por eventos inesperados
	Seguridad	Una conservación deficiente puede aumentar los niveles aparentes o reales de la delincuencia y disuadir a las personas de realizar viajes
INTEGRACIÓN	Integración física y de políticas	La integración física de la red de carreteras con otros modos de transporte y con el uso del suelo no suele verse afectada por el mantenimiento. Sin embargo, otras políticas gubernamentales en materia de salud y bienestar físico pueden ser afectadas por una falta de conservación de las vías que desanime a la gente a realizar ciertas actividades .
ACCESIBILIDAD	Comunitaria y social	Las comunidades remotas se ven afectadas si las restricciones financieras desvían la conservación hacia las vías de mayor tráfico. Algunos grupos sociales pueden resultar afectados por una menor conservación de las vías.
ECONOMÍA	Costos operativos de los vehículos	El factor cuantificable dominante en redes viales deterioradas (es decir, con niveles de IRI de alrededor de 5) y con niveles de tráfico razonables. Los costos aumentan por un mayor consumo de combustible, refacciones y mantenimiento vehicular.
	Tiempo de viaje	El fallo de un activo carretero y las obras para repararlo provocan molestias. En redes en las que la confiabilidad del tiempo de viaje es importante, los costos asociados a él pueden ser claves para la conservación y un factor cuantificable significativo.
	Otros beneficios	Otros beneficios económicos más amplios de las carreteras, como su apoyo a las actividades comerciales, turísticas o agrícolas pueden verse afectados si no se garantiza una buena accesibilidad.
MEDIO AMBIENTE	Calidad del aire	Calidad global del aire (CO2). Por lo general es más importante que la calidad del aire local y sus costos pueden calcularse. La calidad de las carreteras y la velocidad de la circulación influyen en las emisiones de los vehículos.
	Ruido y vibración	Por lo general no influye significativamente la conservación vial, pero su importancia puede aumentar en zonas urbanas en las que existan barreras contra ruido.
	Suelo y calidad del agua	La conservación no suele afectarlos significativamente, pero puede generar, por ejemplo, preocupaciones debidas al impacto de excavaciones, de acceso y explotación de bancos de materiales.
	Biodiversidad y hábitat	En particular, para zonas sensibles al medio ambiente y para el control de plantas nocivas o exóticas para el medio ambiente local.
	Paisaje e instalaciones	El público valora la creación y el mantenimiento de espacios públicos, ya que la calidad de vida aumenta al contar con vías urbanas y rurales en buen estado.

**Tabla N° 4: Principales impactos del mantenimiento vial**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12]

De igual manera se puede mencionar en la Tabla N° 5 los impactos de la conservación vial en los Objetivos del Milenio<sup>3</sup> declarados por las Naciones Unidas:

META	APORTACION DEL MANTENIMIENTO VIAL
1. Erradicar la pobreza extrema	Un transporte regional eficaz es necesario para el comercio; las carreteras son necesarias para el crecimiento de la economía rural.
2. Lograr la enseñanza primaria universal	La facilidad de acceso que proporcionan las carreteras vecinales influye en la escolarización y la asistencia a la escuela.
3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de las mujeres	La asistencia de las niñas a la escuela aumenta considerablemente si las carreteras son más seguras.
4. Reducir la mortalidad infantil	El acceso adecuado a los servicios de salud se refuerza con carreteras en buen estado.
5. Reducir la mortalidad materna	
6. Combatir el VIH / SIDA, el paludismo y otras enfermedades	
7. Asegurar la sostenibilidad medio ambiental	La conservación oportuna de las vías ahorra costos de largo plazo y reduce el consumo de materiales.
8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo	Se requieren inversiones para compartir conocimientos sobre las mejores prácticas de conservación vial.

**Tabla N° 5: Influencia del mantenimiento en los objetivos del milenio**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [15]

*c. La inversión en mantenimiento vial preserva los beneficios y ahorra costos futuros*

Por lo general, los análisis del costo anual de conservación de una vía lo fijan en un pequeño porcentaje del costo de inversión inicial (2-3% para una carretera troncal pavimentada y 5-6% para un camino rural no pavimentado). Si en el largo plazo no se logra mantener este nivel de inversión, se corre el riesgo de perder los beneficios que motivaron la construcción original de la carretera. [12]

<sup>3</sup> Los **Objetivos de Desarrollo del Milenio**, también conocidos como **Objetivos del Milenio** (ODM), son ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000, que los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron conseguir para el año 2015. Estos objetivos tratan problemas de la vida cotidiana que se consideran graves y/o radicales. En 2015 los progresos realizados han sido evaluados y por otra parte se ha extendido la lista de objetivos, ahora llamados los objetivos de desarrollo sostenible. [15]



Un principio bien establecido que sustenta la necesidad de invertir en conservación es que el gasto actual ahorra costos futuros. Cuando los activos se deterioran aumenta el costo de restaurarlos, como han demostrado numerosos estudios. La SANRAL [16] estima que los costos de reparación pueden representar hasta seis veces más que los costos de mantenimiento después de tres años de abandono, y hasta 18 veces más después de cinco años de inacción, los países pobres suelen invertir en conservación menos de lo aconsejable, pero a la vez gastan un 50% más por kilómetro que países con ingresos más elevados. La inclusión de otros aspectos amplifica este efecto. El Banco Mundial [17] ha demostrado que el retraso de la conservación vial en África incrementa los costos de operación de los vehículos en dos y tres veces el monto ahorrado en conservación.

*d. CONSERVACION VIAL: UNA PRIORIDAD PARA LAS GENERACIONES FUTURAS*

La tarea del pasado era construir un sistema de carreteras y caminos; la tarea de hoy es conservar este sistema y adaptarlo a las necesidades de los usuarios. Es sabido que resulta más fácil hacer algo nuevo que conservar algo ya existente en buen estado de funcionamiento.

La conservación vial inadecuada no sólo afecta a la generación actual, sino que plantea una carga financiera injusta para las generaciones futuras. Una conservación vial oportuna evita el aumento de los costos futuros. No efectuar una inversión y gestión adecuadas en el momento necesario no hace más que agravar el problema y puede tener profundos efectos económicos, sociales y ambientales [2]. Sólo en los países de América Latina y el Caribe, las graves deficiencias en la conservación de la red vial interurbana y rural causan actualmente una reducción del valor de la red de caminos de entre 2.000 y 3.000 millones de dólares al año. [18]

En la práctica, el mal estado de los caminos puede equiparar en pocos años a los perjuicios de una catástrofe natural severa, sin que sea percibido así. A modo de ejemplo, según un estudio de la CEPAL, el fenómeno de El Niño provocó en Ecuador en 1997, pérdidas ascendientes a 15% del PIB. [19]

## **2.2. DEFINICIONES**

### **2.2.1. La conservación o mantenimiento vial**

Se define al mantenimiento vial como un conjunto de procedimientos o trabajos de carácter técnico periódicos o rutinarios, que las instituciones responsables de la



vialidad en su territorio deben ejecutar con el propósito de conservar el estado de la calzada y mantener las vías en estado óptimo de operación brindando calidad de circulación al tránsito vehicular en todas las épocas del año y proporcionar confort y seguridad a los usuarios de las carreteras preservando las inversiones efectuadas en la construcción o rehabilitación de los caminos.

En el pasado, en la mayoría de los países latinoamericanos, se consideraba que el principal objetivo de las instituciones gubernamentales responsables de la vialidad en el territorio, era simplemente de apertura o construir carreteras con los recursos del presupuesto asignado por parte del estado central, su eficiencia y grado de cumplimiento se media por el número de kilómetros construidos o aperturados y en el sistema de construcción aplicado; relegando a un segundo plano al mantenimiento y a la conservación de las vías ya construidas.

Construir o mejorar un camino se debe considerar un compromiso de largo plazo de recursos (dinero y equipamiento) y personal. Si no puede hacer ese compromiso, entonces no se debe construir el camino, o se debe construir como camino temporal con estructuras de drenaje que se quiten después del uso. [20]

El Ecuador no está lejos de esta realidad, y las autoridades que administran las instituciones gubernamentales responsables de la conservación vial no son la excepción, en algunos casos han mantenido estos antiguos preceptos incluso siendo slogan de muchas campañas, han creado esquemas de gestión que no han funcionado con el éxito deseado [21], debido probablemente:

- Los programas no fueron lo suficientemente estudiados o adecuadamente implantados en el territorio.
- No existió un compromiso de bases sólidas de la administración.
- Se mantuvo una política de conservación obsoleta: se da más prioridad a la construcción, mejoramiento o rehabilitación de caminos que en el mantenimiento de los que ya existen.

Países latinoamericanos tales como Chile, Colombia, Perú, Argentina entre otros han creado políticas nacionales para mantener planes y estrategias de conservación vial de carácter preventivo y rutinario, generando niveles de organización adecuados para la gestión vial, con éxito.

Como era lógico de esperar el factor fundamental para que estos países mantengan un Sistema de Gestión Vial exitoso es la concientización y responsabilidad



social a nivel nacional desde los más altos mandos ejecutivos hasta los usuarios de las vías sobre importancia de la conservación vial de caminos ya existentes y el fomento del concepto de ahorro en los costos de operación y mantenimiento vehicular.

De igual manera debemos señalar que en la región algunos Sistemas de Gestión han fracasado [19], cabe indicar que este tropiezo no es por la concepción al crear el sistema, sino por las siguientes causas:

- Generalmente debido a situaciones políticas que debilitan la gestión vial.
- Por el mal manejo y posterior desvío de partidas presupuestarias y recursos hacia otras actividades no relacionadas con la vialidad.

Uno de los requerimientos para la conservación vial es la necesidad de analizar las actividades y recursos que van a intervenir como son: equipamiento y materiales para satisfacer las necesidades del mantenimiento. Para ello es necesario que todo lo planificado quede previsto para su uso en el tiempo estimado; puede incluir presupuesto y financiamiento, ya que a más de contar con lo establecido se requiere hacer un presupuesto a futuro con el fin de controlar los posibles errores.

La sostenibilidad del mantenimiento es un factor primordial al hablar de gestión de redes viales, se podría entender como un motor eléctrico en comparación al mantenimiento vial. [22]

### **2.2.2. Niveles de intervención de conservación vial**

Existente algunas definiciones acerca de los niveles de intervención vial en resumen son el conjunto de diversas actividades técnicas relacionadas con la vía, clasificadas de acuerdo al alcance y magnitud de los trabajos, desde una intervención sencilla (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (rehabilitación), todas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario.

Una regla de oro utilizada por expertos en temas de conservación vial es aquella que sostiene “El mantenimiento no incluye la rehabilitación, la construcción de andenes ni la ampliación de carreteras. Si las secciones que deben reconstruirse constituyen más del 25% de la longitud de la carretera, se trata de una obra de rehabilitación, no de mantenimiento”. [23]

Las acciones de conservación vial [24] según las NEVI-12 esta dirigidas a las siguientes zonas:



- Faja Vial
  - Movimiento de Tierras
  - Reconstrucción de la Plataforma
  - Drenaje
  - Pavimentos Asfálticos
  - Pavimentos de Hormigón Hidráulico
  - Caminos de Grava y Suelos Naturales
  - Puentes y Estructuras
  - Seguridad Vial
  - Otras Operaciones
  - Operaciones Auxiliares, Especificaciones y Manejo Ambiental
- 
- **Mantenimiento rutinario**

Se define el mantenimiento rutinario como los trabajos técnicos de reparación localizada de pequeñas deficiencias en la calzada de la carretera y sus componentes o trabajos que permitan conservar su estado actual y que se aplican con regularidad una o más veces al año o son requeridos de forma continua, dependiendo de las condiciones específicas de la vía, para mantener un buen estado de servicio al usuario final. El programa de mantenimiento rutinario resulta de las inspecciones en las que se levanta la información de las características viales a mantener. [25]
  - **Mantenimiento periódico**

Se consideran a los trabajos de mayor envergadura que se requieren de forma cíclica y que tiene con finalidad reponer características que poseía la vía al inicio de su operación y que se han perdido debido a las diversas acciones sobre ella, en resumen son todas aquellas acciones que se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la calzada de rodadura de la carretera para ofrecer y asegurar un buen comportamiento de la estructura de la vía por un lapso más extenso de tiempo y disminuir y apaciguar el deterioro del camino pero sin constituirse en un refuerzo estructural. [25] [1]
  - **Rehabilitación**

Se definen en este tipo de intervención todas las acciones técnicas y trabajos correctivos destinados a restaurar la serviciabilidad del pavimento dotándolo de la capacidad estructural necesaria para soportar eficientemente las solicitudes de





tránsito y clima durante un cierto período de servicio adicional; requieren la ejecución de estudios de evaluación estructural previos, para definir el tipo y características de los trabajos a realizar.

Las principales características de una rehabilitación son: el reemplazo de la estructura fallida en tramos seleccionados + un refuerzo estructural. Generalmente las actividades de rehabilitación se programan cuando la vía a llegado al final de su vida útil o su estructura se encuentra demasiado deteriorada como para poder resistir solicitaciones de tránsito futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención. El principal objetivo de una rehabilitación vial es restituir la capacidad estructural de la vía, aumentar la calidad y capacidad de la superficie de rodadura, llevando la carretera a la condición de “como fue inicialmente construida”, su programación está sujeta a la disponibilidad de fondos económicos.

Comúnmente se confunde el hecho de una rehabilitación por fin de vida útil de la Estructura vial por el de trabajos intensivos destinados a recuperar necesidades acumuladas por mantenimiento diferido. [26]

- **Mejoramiento**

Son los trabajos técnicos a ejecutarse producto de estudios especiales que tiene como principal objeto agregar nuevas características a la vía que no estaban previstas en su diseño original,

El objetivo de este tipo de intervención es acrecentar la capacidad de la carretera, la velocidad y seguridad de circulación de los vehículos. En sentido estricto, estos trabajos no son considerados como actividades de conservación, excepto la renovación de superficie.

- **Emergencias o temporales**

Se consideran todos los trabajos de servicio y reparación de la Estructura vial debido a la acción de las fuerzas ajenas a la intervención humana, son requeridos para corregir peligros en la vía y permitir eventualmente el tráfico normal. Se define como mantenimiento Temporal a todas las actividades que se ejecutan cuando la carretera ha llegado a un punto de colapso estructural debido al abandono y descuido de las autoridades encargadas y las quejas de los usuarios son altas debido a la intransitabilidad sobre el camino las condiciones peligrosas o de severa incomodidad

Debemos aclarar que una reparación de emergencia no remedia las fallas estructurales, pero ayuda al tránsito vehicular por un tiempo limitado. Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular, esto debido generalmente a que las actividades realizadas en muchas ocasiones no cumplen con las exigencias técnicas y ambientales convenientes, como es lógico de suponer la duración de este tipo de trabajo es breve es por ello que paralelamente al inicio de estos trabajos se deben de planificar las actividades de mantenimiento o de rehabilitación definitivas. [26]

- **Especiales**

Aquellos que requieren una técnica especializadas, con exigencias particulares en cuanto a materiales, equipos a utilizar y entrenamiento del personal, por lo que es conveniente un cuidadoso estudio previo. Se incluyen en este grupo actividades específicamente destinadas a la corrección de cada deficiencia; otras técnicas no convencionales, tales como las de reciclaje en sus diversas formas, que constituyen alternativas de aplicación general cuya factibilidad o conveniencia debe ser evaluada en cada caso, no se mencionan en las guías. [26] [1]

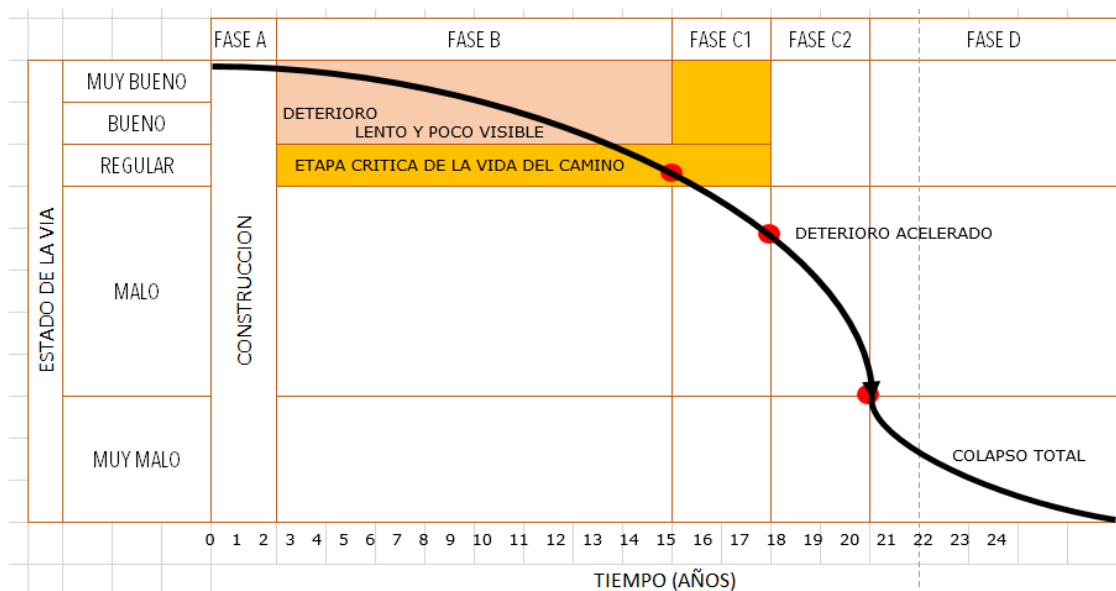
### **2.2.3. Ciclo de vida “fatal” de los caminos**

Las carreteras están bajo un proceso de deterioro y envejecimiento de su estructura permanente debido a la acción de diferentes agentes internos y externos que actúan sobre ellos, en mayor o menor medida, pero dicha acción es continua y permanente lo que provoca a mediano y largo plazo un deterioro que se refleja en la calzada hasta volverla o convertirla en intransitable. Es así que los programas de conservación vial no que puede ejecutar en cualquier momento, sino deben ser trabajos necesarios en el tiempo adecuado, orientados a prevenir los efectos de los agentes deteriorantes que actúan sobre el camino. [27]

### **2.2.4. Fases de deterioro de la vía**

En la Ilustración N° 2 se puede apreciar el ciclo de vida y fases de una vía pavimentada. El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

Ese ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen ampliamente en muchos estudios [2] [1] [26] y que se resumen:



**Ilustración N° 2** Ciclo de vida de los caminos pavimentados sin mantenimiento  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [2] [1] [26]

**FASE A: CONSTRUCCIÓN:** La vía ha sido construida independientemente del diseño, del método de construcción y de su control de calidad la vía inicia su servicio apenas se termina la obra. Por tanto a la vía se la puede catalogar de expedita, en excelentes condiciones para su explotación y servicio satisfaciendo plenamente las expectativas de confort, calidad y seguridad para los usuarios. En la Ilustración N°2 se puede apreciar esta fase.

**FASE B: DETERIORO LENTO Y POCO VISIBLE:** Pasado un tiempo desde la puesta en marcha del servicio de la vía, esta va sintiendo un proceso lento de desgaste, envejecimiento y debilitamiento de su estructura, principalmente en la calzada. Como consecuencia de esto la vía presenta una condición aparente de buen estado y los usuarios no perciben el deterioro que va sufriendo la estructura, con el pasar del tiempo se hace presente un aumento progresivo de fallas aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado.

Como lo expresa [28] *“El desgaste sufrido por un camino se produce en proporción directa a las cargas de transito que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, las precipitaciones o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.”*

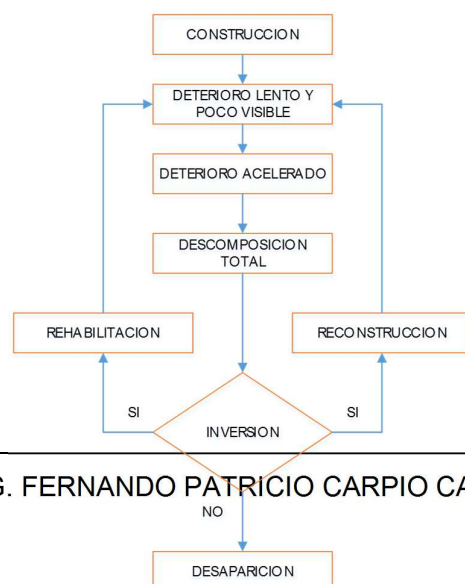
**FASE C: DETERIORO ACELERADO:** Transcurrido varios años después de su puesta en marcha, los componentes de la vía presentan cada vez más “agotamientos”; la vía inicia un deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular.

Cuando al vía inicia en esta fase, la estructura básica de la carretera se mantiene ileso y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bien; sin embargo, no es así. Avanzando más entrando a la fase C2, se puede observar con mayor frecuencia más daños en la superficie y un inicio en el deterioro de la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.

Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

**FASE D: DESCOMPOSICIÓN TOTAL:** esta es la última fase del ciclo de vida de un pavimento y puede durar varios años. Las principales características de esta fase son: la severa pérdida de la capacidad estructural del camino, la calidad, confort y seguridad que ofrece la calzada se ven disminuidos significativamente produciendo serios problemas a la operación vehicular llegando a tener considerables reducciones en velocidad de circulación, con sus respectivos aumentos en el costo de operación vehicular así como en los tiempos de viaje de los usuarios de la carretera sin dejar de un lado la cantidad de accidentes graves que se suscitan.

A continuación en la Ilustración N° 3 un breve Diagrama de flujo de un proceso vicioso o fatal de un camino.

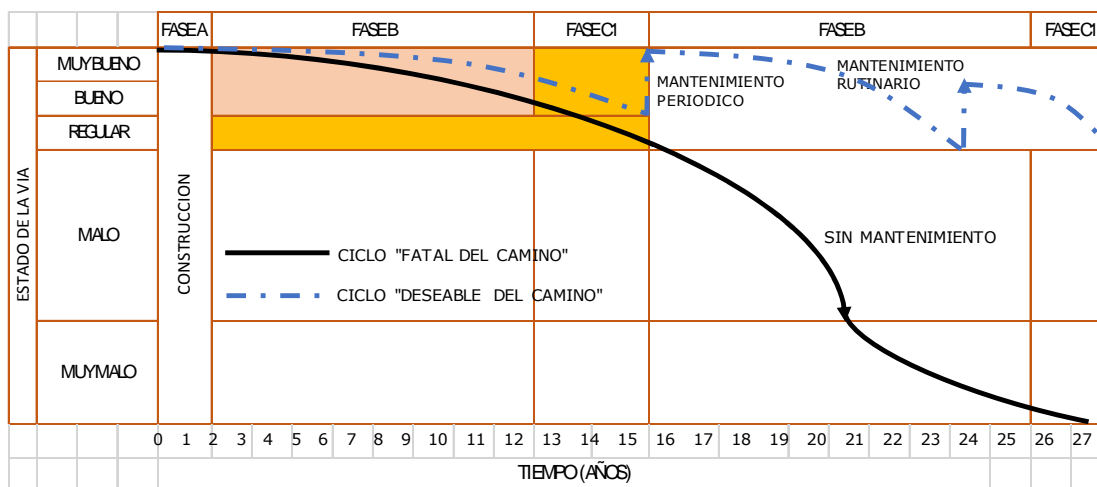


**Ilustración N° 3 Diagrama de flujo camino sin mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [2] [1] [26]

**2.2.5. Ciclo de vida deseable de una carretera**

La incorporación de un adecuado sistema de Gestión Vial para la conservación de una red vial es de vital importancia para evitar que los caminos caigan en lo conocido como “ciclo fatal del camino” es decir que las vías sean construidas, abandonas; en fin olvidadas sin el debido mantenimiento, está mal arraigada costumbre se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del camino, la aplicación de una adecuada estrategia de conservación alargara la vida útil de la carretera colocando a las vías dentro de rangos aceptables de confort, calidad y seguridad, tal como se aprecia en la Ilustración N° 4.



**Ilustración N° 4 Ciclo de vida deseable de un camino**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [2] [1] [26]

Como se indicó en el apartado anterior el ciclo de la vía inicia con la construcción o la rehabilitación de la carretera y su puesta en marcha al servicio de los usuarios, las condiciones de inicio de este pavimento son de óptimo estado, pero el uso de la carretera y agentes externos e internos, van generando un desgaste, envejecimiento y fatiga de la estructura vial.

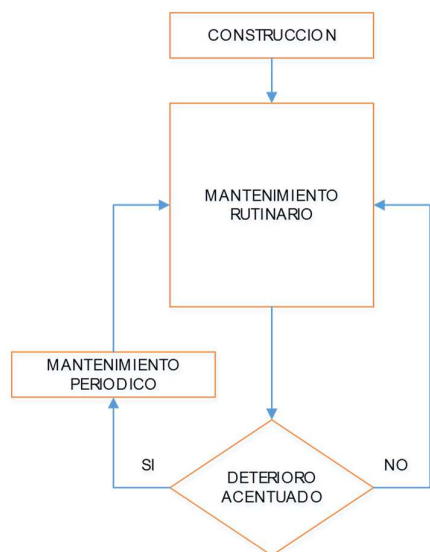
Con un Sistema de Gestión adecuado, con los programas y estrategias específicos las instituciones responsables de la conservación vial llegarán a “frenar” estos desgastes, envejecimientos o fatigas produciendo una disminución en la

velocidad de deterioro con la respectiva consecuencia de prolongar en el tiempo la necesidad de intervenir con un nuevo mantenimiento.

Puede observarse en la Ilustración N° 4 que si la vía en todo momento de su fase inicial recibe un apropiado Mantenimiento Rutinario podrá conservarse por mucho tiempo entre los niveles de condición muy buena - buena hasta el punto donde la carretera llega a un estado regular, donde la intervención necesaria es de Mantenimiento Periódico.

Con una apropiada estrategia de conservación que involucre tanto Mantenimiento Rutinario (MR) y Mantenimiento Periódico (MP), se consigue que el sistema vial se mantenga en un estado óptimo de conservación, con los beneficios consiguientes para el transporte vehicular y los usuarios de la vía.

En la Ilustración N° 5 se presenta el diagrama de flujo “ideal” de esta estrategia de conservación.



**Ilustración N° 5 Diagrama de flujo camino con mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [2] [1]

### **2.2.6. Aspectos que influyen en el deterioro de la vía**

Los aspectos tanto físicos y ambientales por los que una vía se deteriora, a más de una falta de mantenimiento vial adecuado y oportuno son [29] [1]:

- *Acción del medio sobre la carretera.*

La acción del medio sobre la carretera tiene varias manifestaciones que los ingenieros deberán tomar en consideración permanentemente, ya que contribuye en gran proporción a ser la causa de los deterioros que sufrirá la carretera.

- a) Características del territorio



La composición del terreno y de los fenómenos localizados en ella, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de canteras de materiales o de recursos acuíferos para los proyectos en el territorio, son factores que imponen condiciones a las características del proyecto, debido a que afectan los costos de inversión, de conservación y de operación, tanto de los usuarios como de la propia gestión vial.

**b) Clima**

El clima tiene una enorme importancia debido a que puede significar altas o muy bajas temperaturas y variaciones estacionales o en cortos periodos. También la magnitud de las precipitaciones de lluvias o la falta de ellas, tienen impactos distintos sobre los requerimientos de los proyectos.

**c) Accesibilidad a otros servicios y facilidades públicas**

La existencia o no de servicios y facilidades en el área de trabajo de las obras de construcción y conservación vial condicionan también el tipo de obras que debe y puede diseñarse, ejecutarse y naturalmente, justificarse en relación con el tipo de demanda a transportarse.

- *Características del tránsito*

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el otro factor que impacta sobre la estructura de la carretera y, en especial, sobre la estructura del pavimento.

Aspectos como el número de vehículos que usará la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme influencia sobre el tipo de estructura de pavimento y sus características geométricas de la carretera.

- *Defectos en los diseños.*

Esta situación, es muy usual en países en vías en desarrollo, los cuales aplican diseños en muchos casos subdimensionados, dejando a la vía expuesta a un deterioro inmediato, pues no cuenta con la capacidad necesaria para soportar las condiciones reales del proyecto, por otro lado están estudios sobredimensionados, los cuales producen un gasto económico exagerado a las entidades administradoras.

Otro de los factores que influyen en los defectos viales, es la escasa información histórica, que se cuenta de las vías, en relación de su tráfico, estado de la subrasante, condiciones climáticas y materiales empleados, y como resultado se tiene diseños mal elaborados, que producen como consecuencia el deterioro de la vía, pues sus condiciones de diseño, se encuentran muy lejos de las condiciones reales de la vía.



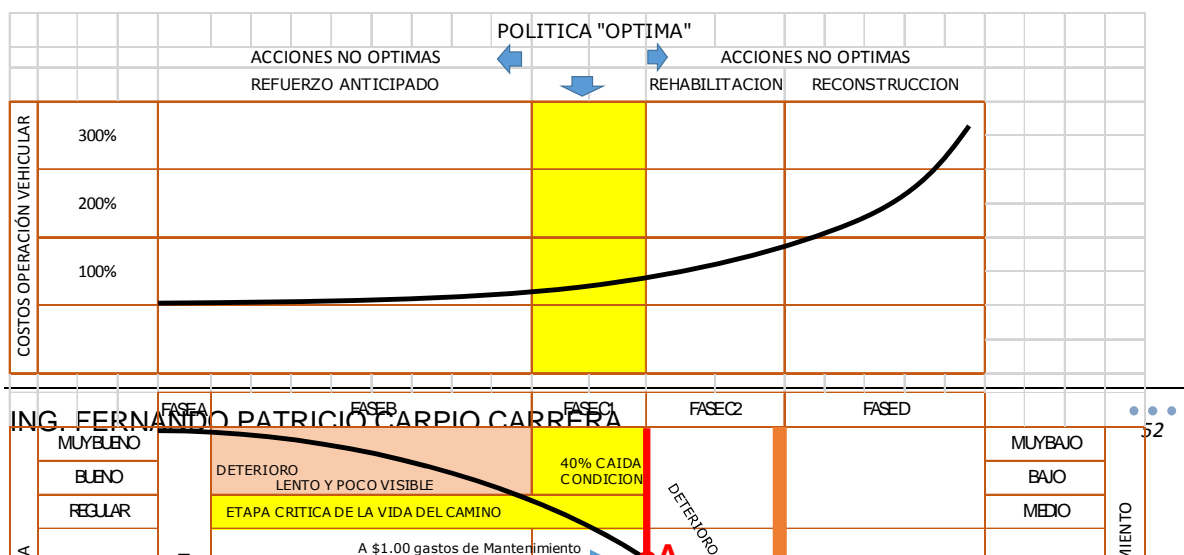
- *Defectos de construcción*

Este es otro de los factores, que inciden en el deterioro de las condiciones óptimas de las vías, se debe principalmente a una falta de control de calidad, incumplimiento de especificaciones técnicas, y una mala fiscalización o supervisión de las obras. Lo cual da como resultado, obras, por debajo de los estándares de calidad, que obviamente conllevan a una mala calidad de la obra y a un pronto deterioro.

### 2.2.7. Condición vial versus costos

La observación del deterioro de un camino y su calificación en una cierta escala desde el punto de vista de su estado o condición, permite generalizar en forma estimada el estado del camino a lo largo de su vida útil o período de servicio.

Como se explicó en el punto 2.2.4 de este capítulo una vía diseñada, construida y mantenida se deteriora desde el inicio de su explotación hasta alcanzar un nivel de inacceptabilidad, incomodidad e intransitabilidad, como ya se explicó su evolución es de manera relativamente lenta en un inicio y rápida hacia el final, acelerándose significativamente su deterioro de manera progresiva a partir de un determinado momento en Ilustración N° 6 se determina este punto de aceleración con la denominación A.







**Ilustración N° 6 Influencia del estado de la vía vs. Costos de operación vehicular y costos de mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [12] [2] [1] [22]

La Ilustración N° 6 muestra las diferentes fases de una vía al lado izquierdo se puede observar el estado de la condición de la calzada del pavimento términos cuantitativos, en la parte inferior se pueden ver el tiempo desde la puesta en uso de la carretera; ahora bien, el deterioro que sufre el pavimento será del orden de un 40% hasta llegar al punto A con un tiempo estimado del 75% de su vida útil, y otra caída del 40% en su condición desde el punto A hasta llegar al punto B, con la particularidad que esta baja será más o menos al 92% de su vida útil, en resumen una vez superado el punto A alcanzará el estado correspondiente al punto B rápidamente. Si bien los términos cuantitativos mencionados son aproximaciones, numerosos estudios [30] convalidan estas expresiones de tipo general y conceptual.

Como resultado de este particular comportamiento del pavimento, es evidente que los costos por cada tipo de intervención resultan diferentes de acuerdo al momento en que se apliquen, como se puede observar en la Ilustración N°6. En varios estudios [31] publicados por el Banco Mundial de Desarrollo se puede observar que durante el tiempo de mantenimiento de la vía el costo varía en promedio a \$1,00 hasta alcanzar el punto A, de no darse el debido mantenimiento la vía alcanza el punto B aumentando el costo por operaciones de mantenimiento pasando a ser de \$5,00 por acciones correctivas se puede de igual manera decir que una rehabilitación puede costar alrededor de tres veces más que un oportuno mantenimiento preventivo y una reconstrucción, unas cuarenta veces más.

Esta diferencia de costos adquiere singular importancia económica para las instituciones responsables del manteamiento y las obliga a definir adecuadamente



estrategias de conservación en tiempos oportunos para llevar a cabo las actividades de mantenimiento y rehabilitación de allí la importancia de implantar el sistema de gestión vial adecuado a las circunstancias de cada territorio, que permita optimizar recursos a las entidades involucradas a través del tiempo.

Nunca se debe olvidar que la condición del carretera a lo largo del tiempo impactará también en los costos de los usuarios de la vía, en efecto, si la estrategia ejecutada no es la conveniente y el estado de la vía desmejora, no sólo los costos del mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción también se incrementarán, sino que traerá consigo un aumento considerable en los costos del usuario como consecuencia de la menor velocidad de operación y de los mayores deterioros producidos en el vehículo.

*“Debe enfatizarse que no mantener la red no es una alternativa aceptable, y no realizar las actividades de conservación en el momento oportuno implica asumir mayores costos, tanto fiscales por el mantenimiento, como económicos desde el punto de vista del usuario (operación de vehículos, etc.). Sin embargo, no todo es intervenir en el momento oportuno además debe seleccionarse la estrategia adecuada para el mediano y largo plazo y, sobre todo, definir la calidad con la que se ejecutan las actividades. Será necesaria también una estructura de financiamiento para el mantenimiento que permita alcanzar y mantener adecuados niveles de gasto y de confiabilidad y consistencia entre los programas relacionados (inversión, operación y mantenimiento)”* [32].

#### **2.2.8. Prácticas de mejoramiento de caminos**

Además de las técnicas existentes para el mejoramiento de caminos, es fundamental identificar otras que, aunque a veces no se emplean necesariamente de manera generalizada, se han identificado como alternativas de mejoramiento viables y exitosas en otros lugares, y que podrían ser útiles y de relativa fácil implementación para las condiciones particulares de cada situación. Algunas de estas alternativas pueden ser innovadoras desde el punto de vista de la tecnología utilizada para su aplicación, o por el tipo de materiales usados. Desde esta perspectiva, y teniendo en cuenta que la disponibilidad de materiales es en muchas ocasiones un problema mayor, es importante mencionar aspectos relacionados con la utilización de materiales no estándar, y cómo puede implementarse su uso en el contexto de las vías.



Cabe señalar que aparte de los aspectos puramente técnicos, el éxito de cualquier técnica de mejoramiento utilizada depende de que se consideren otros factores, relacionados éstos con el entorno de la carretera (naturales, operacionales, y otros), si se desea que las mejoras hechas sean sostenibles y que tengan rendimientos económicos favorables. [33]

### ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO

La acepción que se da al término mejoramiento en este documento se refiere a la implementación de soluciones de ingeniería diferentes de las que se usaron en la construcción original del camino. En particular, el mejoramiento está orientado a incrementar el estándar funcional de la superficie de rodadura existente, incluyendo las actividades necesarias para adecuar previamente la capacidad estructural del pavimento, cuando éste lo requiere. Desde esta perspectiva, las intervenciones de mejoramiento pueden ser de tipo funcional, cuando no contribuyen al mejoramiento de la capacidad estructural del camino, o de tipo estructural, cuando su objetivo primordial es aumentar la capacidad del camino de soportar las cargas del tránsito. [34]

Dependiendo de las condiciones del camino, la selección de la técnica o técnicas de mejoramiento estará sujeta a la problemática específica que impide que se alcancen los estándares de transitabilidad y nivel de servicio deseados; si los problemas son producidos por la incapacidad del camino para soportar las cargas del tránsito, habrá que aplicar técnicas de mejoramiento que solucionen primero este problema; por otra parte, si los problemas de movilidad no se deben a baja capacidad estructural, las técnicas de mejoramiento tendrán que solucionar el problema de funcionalidad específico presente. En otras palabras, aunque pueden existir infinidad de razones para su ejecución, la selección del tipo de técnica de mejoramiento debe responder al tipo de problema que se quiere solucionar (funcional o estructural). Es importante resaltar que la técnica utilizada –o la combinación de éstas– debe solucionar la problemática de movilidad en su totalidad; en otras palabras, de nada sirve que exista capacidad estructural si no se garantiza la funcionalidad deseada en el camino. [35]

Las técnicas de mejoramiento de caminos pueden clasificarse de acuerdo con su carácter primordialmente funcional o estructural, aun cuando algunas de ellas solucionan de manera conjunta problemas estructurales y funcionales, e incluyen alternativas basadas en técnicas simples que hacen uso intensivo de materiales



tradicionales, equipos sencillos y mano de obra local, así como alternativas de gran sofisticación en materiales y equipos, que requieren habilidades especiales y un alto nivel de capacitación para su aplicación. [36]

A continuación se presentan algunas técnicas de mejoramiento [37] para atender necesidades tanto funcionales como estructurales. Estas técnicas se pueden clasificar, de acuerdo con el grado de conocimiento en su aplicación y nivel de uso a nivel mundial, en [33]:

- *Tecnologías universales.* Comprenden las tecnologías plenamente aprobadas y de uso generalizado en el mundo, acerca de las cuales existe una gran cantidad de información relativa a su diseño, su construcción y su desempeño en el tiempo. Son de aplicación frecuente en diferentes lugares y entornos, y existe una normativa plenamente establecida para su uso.
- *Tecnologías innovadoras.* Abarcan tecnologías respaldadas en estudios técnicos y experiencias exitosas. A diferencia de las anteriores, éstas no se han probado universalmente o su desempeño a muy largo plazo puede aún estar en proceso de evaluación.

En algunos de los países en los que se han aplicado existe normativa plenamente establecida; sin embargo, la implementación de dicha normativa no es generalizada.

- *Tecnologías experimentales.* Comprenden tecnologías que no se han aplicado extensivamente y la documentación relativa a su aplicación, desempeño y normatividad es, en general, muy limitada. Entre estas tecnologías se encuentran aquellas que utilizan productos de marcas registradas y protegidos por patentes, que dificultan la identificación de los factores que pueden incidir en su desempeño. Con respecto a esta última clasificación, es necesario aclarar que en la medida en que se den procesos sustentados en investigaciones y en experiencias prácticas, con evaluación de desempeño, las tecnologías experimentales podrán transitar a ser tecnologías innovadoras y, eventualmente, con su uso generalizado y probado, llegar a ser clasificadas como tecnologías universales.

Algunas de las principales técnicas de mejoramiento de caminos rurales se pueden observar en la Tabla N° 6.

TECNICA DE MEJORAMIENTO	SOLUCIONES ESTRUCTURALES	SOLUCIONES FUNCIONALES
Tecnologías universales ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA	Estabilizaciones (cal, cemento, emulsion asfáltica, etc)	Tratamientos superficiales y sellos asfálticos
	Adición de capas estructurales (base, subbase, carpeta, etc)	Sellos de arena
	Hormigones asfálticos y hormigones hidráulicos	Lechadas asfálticas
		Supresores de polvo
		Riegos de niebla (Fog Seal)
Tecnologías innovadoras	Estabilizaciones (asfalto espumado, sales, cenizas, escorias industriales)	Tratamientos superficiales
	Refuerzos con geomallas, geotextiles, geoceldas	Sello del Cabo
	Material de reciclaje de pavimentos	Sello de Otta



Tabla N° 6 Alternativas de mejoramiento

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [33]

### 2.2.9. Clasificación universal de las vías

- **Clasificación según su jurisdicción o administración**

Generalmente se clasifican en: [38]

**Red Vial Estatal:** es el conjunto total de las carreteras, existentes en el territorio.

**Red Vial Provincial:** es el conjunto de vías administradas por cada uno de los Consejos Provinciales.

**Red Vial Cantonal:** es el conjunto de vías urbanas e interparroquiales administradas por cada uno de los Concejos Municipales

- **Clasificación funcional**

En cuanto a su función dentro de la red se la clasifica en: [38] [39]

**Corredores Arteriales:** caminos de alta jerarquía funcional, los mismos que se constituyen por aquellos que conectan, en el continente, a las capitales de provincia, a los principales puertos marítimos con los del oriente, pasos de frontera, que sirven para viajes de larga distancia y que deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada en su recorrido, giros y maniobras controlados, y estándares geométricos adecuados para proporcionar una operación de tráfico eficiente y segura. El conjunto de corredores arteriales forma una malla vial denominada estratégica o esencial, que cumple las más altas funciones de integración nacional.

**Vías Colectoras:** caminos de mediana jerarquía funcional, los mismos que se constituyen por aquellos cuya función es la de recolectar el tráfico de la zona rural o una región, que llegan a través de los caminos locales para conducirlos a la malla estratégica o esencial de corredores arteriales. Son caminos que se utilizan para servir



al tráfico de recorridos intermedios o regionales, requiriendo de estándares geométricos adecuados para cumplir esta función.

**Vías Locales:** Todos los caminos que cruzan centros poblados y que dan continuidad a estos corredores arteriales.

- **Clasificación por tipo de superficie**

En la mayoría de países se los clasifica en [40]:

**Pavimentos Flexibles:** Son aquellos que tienen una capa de rodadura formada por una mezcla bituminosa de asfalto altamente resistente a los ácidos, álcalis y sales

**Pavimentos Rígidos:** Son aquellos donde la capa de rodadura está formada por una losa de concreto hidráulico, con o sin refuerzo estructural, apoyada sobre la subrasante de material granular.

**Afirmados:** Son aquellas en las que la superficie de rodadura se compone de una capa de material granular con tamaño máximo 2½" y con proporción de finos, debidamente conformado.

**Terreno Natural:** Su capa de rodadura se compone del terreno natural del lugar, debidamente conformado.

- **Clasificación por nivel de tráfico o capacidad**

Según su cantidad de vehículos se clasifica en: [40]

**Carreteras de Alta Capacidad**

**Carreteras de Mediana Capacidad**

**Carreteras de Baja Capacidad**

Y su condición depende exclusivamente las normas del país donde se realice dicha clasificación.

- **Clasificación por el terreno o condiciones orográficas**

Según el tipo de terreno por donde se desarrolla la vía la clasificación básica es [40] :

**Vías Planas:** Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

**Vías Onduladas:** Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos.

- **Clasificación según el número de calzadas**

La clasificación por el número de carriles es [40]

**Carreteras de calzadas separadas:** Son aquellas que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas.

**Carreteras de calzada única:** Son las que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independiente del número de carriles

- **Clasificación según su geometría**

En cuanto a su geometría se divide en [40]

**Autopistas:** reservada a la circulación exclusiva de vehículos automóviles, que dispone de calzadas separadas para ambos sentidos por una mediana, accesos y salidas independientes, cruces o pasos a distinto nivel, y carece de acceso directo a las propiedades colindantes.

**Vías Expresas:** Es una autopista dividida para el tráfico de alta velocidad con al menos un control parcial de acceso.

**Avenidas:** vía importante de comunicación dentro de una ciudad o asentamiento urbano. Generalmente una avenida tiene dos sentidos de circulación, lo que lo diferencia de la calle de sentido único.

**Calles:** Se trata de una vía pública que se encuentra entre edificios, permitiendo el desplazamiento de la gente por la localidad en cuestión

### 2.3. SISTEMAS DE GESTIÓN VIAL

Al mencionar el sistema de gestión y la administración vial se habla de un conjunto, de un proceso sistémico donde se detallan los trabajos que comprende el mejoramiento de vías tales como: diseño, mantenimiento, reconstrucción y rehabilitación de las vías como también sus elementos de seguridad, iluminación entre otras. [41]

Un Sistema de Gestión Vial básicamente contempla las siguientes etapas [1]:

1. Identificación de la condición de la carretera y definición de los principales problemas que afectan los niveles de operatividad óptimos.
2. Detectados los problemas, es necesario formular alternativas de solución dependiendo de las características propias de cada vía, el tiempo de aplicación y otros factores más.



3. Evaluación de recursos que generan las distintas soluciones propuestas
4. Análisis de la capacidad financiera de la institución responsable.
5. Selección de la alternativa más apropiada que, encontrándose dentro de las limitaciones de recursos potenciales, producirá altos beneficios a bajos costos.

### 2.3.1. Concepto del sistema de gestión vial

[29] Tradicionalmente se ha entendido a los Sistemas de Gestión Vial como el conjunto de operaciones que desarrollan los organismos responsables de la atención vial, público o privado para asegurar una adecuada conservación de la red vial.

Este entendimiento tradicional de un sistema de gestión ha anclado a las instituciones a la mala práctica de usar los recursos asignados por el estado para solventar la aparición de problemas en vías abandonadas, actuando de manera emergente.

Las teorías actuales definen a los Sistemas de Gestión como un grupo de operaciones técnicas preventivas que debidamente planificadas con un uso adecuado de recursos y que aplicadas en el momento oportuno tienen por objeto evitar el deterioro de las vías y mantener por un determinado período de tiempo las condiciones de seguridad, confort, capacidad y nivel de servicio adecuados para los usuarios minimizando los costos monetarios, sociales y ambientales en definitiva es una herramienta de apoyo que facilita la adecuada toma de decisiones para alcanzar las metas y objetivos de largo alcance que son fijados con anticipación por los entes responsables de la conservación vial.

En los últimos años se han presentado cambios significativos en la forma de entender y gestionar la infraestructura vial, basados en la filosofía de gestión de activos. Los principales fundamentos de este nuevo modelo de gestión son [42] [43]:

- Integral: La infraestructura vial es un grupo de activos o elementos, donde cada uno tiene una función determinada, todos ellos en conjunto tiene el único objetivo de asegurar un niveles óptimos de confort, seguridad y confiabilidad a los usuarios y beneficiaros de las carreteras.

- Estratégico: Las redes viales se van conformando por la construcción de diferentes vías, las cuales llegan a formar un Patrimonio vial importante para un país, en tal virtud los sistemas viales son contruidos para fortalecer el normal desarrollo de un territorio a lo largo del tiempo. Al hablar de Vías no se puede dejar a un lado el alto





costo que representa para las Instituciones Rectoras de la vialidad el destinar o invertir considerables cantidades de recursos públicos en construir y posteriormente en mantener un sistema vial en óptimas condiciones esto sin duda alguna hace que la Gestión de conservación vial sea una actividad de planificación estratégica a largo plazo de la Institución.

- **Sistemático:** como no podía faltar en un adecuado sistema de gestión vial la combinación de necesidades, experiencias, conocimientos y habilidades de carácter social, técnico, político, económico y administrativo juegan un papel importante a la hora de operativizar las decisiones que se tomen en cuanto a la administración de los recursos financieros, humanos, equipos y herramientas para solventar las exigencias de los usuarios o mandantes en el territorio.

- **Eficiente + Eficaz = Efectivo:** es decir el sistema debe de proponer las mejores estrategias para alcanzar los objetivos planteados con los mejores resultados y con los recursos disponibles.

### **2.3.2. Objetivos de la gestión vial**

**Objetivo general.** El objetivo de todo organismo responsable de la gestión vial, es establecer estrategias de conservación y definición de prioridades de intervención para mantener una adecuada red de caminos optimizando recursos con eficiencia, eficacia y efectividad para de esta manera obtener vías técnicas, financieras y ambientalmente sostenibles que ofrezca confiabilidad, seguridad y transitabilidad a los usuarios. [26]

**Objetivos específicos.** Dentro de los objetivos específicos de un Sistema de Gestión Vial se señalará:

- Diagnosticar el estado de las vías e identificar los problemas que aquejan.
- Conservar y rehabilitar adecuadamente la red de caminos que se gestiona.
- Preservar el patrimonio vial del territorio.
- Desarrollo de políticas y estrategias apropiadas de mantenimiento vial.

### **2.3.3. Características de una buena gestión vial**

En el concepto actual del Sistema de Gestión Vial, la integración juega un rol muy importante pues una buena gestión se define como el desarrollo de las actividades no sólo en el área de competencia inmediata sino considerando las áreas

de influencia de la vía, maximizando el bien común y minimizando los efectos negativos en el entorno. Es decir [18]:

- Adquirir conciencia de la influencia de los caminos sobre el desarrollo económico, social y ambiental
- Integrar en la gestión a los usuarios y beneficiarios de la vía.
- Considerar la seguridad vial como una acción primordial.
- La Optimización y actualización continua del Sistema de Gestión Vial sobre la utilización de los recursos disponibles es fundamental para alcanzar los objetivos planteados para la operación óptima de la red vial,
- El personal Técnico juega un papel importante en la conservación vial pues es indispensable poseer una visión estratégica amplia de mediano y largo plazo.
- La disponibilidad de información actualizada, oportuna y confiable, es de vital importancia para todo Sistema de Gestión Vial.
- Contar con una fuerte y sólida estructura de financiamiento para la conservación vial que permita alcanzar, mantener y reforzar adecuadas estrategias de conservación para obtener niveles de confort y calidad para todos los usuarios de las carreteras.
- Una adecuada interrelación, confiabilidad y consistencia entre todos los diferentes programas que involucran la gestión vial (de inversión, operación y mantenimiento), son factores críticos de éxito y coadyuvan a la sostenibilidad del mantenimiento y consecuentemente del sistema vial.

#### **2.3.4. Los modelos de gestión vial a nivel mundial**

Como se menciona en las anteriores investigaciones, la competencia de la planificación, ejecución de igual manera los mantenimientos de las carreteras y sistemas de las vías, los modelos que han adoptado dependen de los diferentes gobiernos para ayudar a mitigar la necesidad.

De acuerdo a [44], menciona algunas referencias de los siguientes países.

**GRAN BRETAÑA**, es uno de los países donde hacen un contrato a medio plazo con las agencias que se encargan de la fiscalización, mantenimiento periódico, la gestión de red y posibilidad de contratar algunas obras de gran envergadura. Así, como el pasar el tiempo se ha ido incrementando las agencias que ayudan al presupuesto estatal para la construcción de vías.



**BÉLGICA**, el tipo de administración en materia de mantenimiento, seguridad y transporte es descentralizada ya que en cada región existe estructuras responsables de la misma, sin embargo, un dato adicional a destacar es la seguridad en carreteras ya que los índices de muerte son muy altos, es por ello que existen 2 organismos el comité interministerial de carreteras y la comisión federal sobre seguridad en carreteras, las mismas que son las encargadas de evaluar y proponer políticas de solución a este problema.

**FRANCIA**, todo lo referente a la construcción, mantenimiento y conservación de carreteras está a cargo del ministerio de transportes, debido a que son dirigidas por sistemas gerenciales y gobiernos locales, algo importante que se puede destacar es que este país ha impuesto una medida para garantizar la seguridad vial como es una penalización.

**ESPAÑA**, modelo interesante, dado el grado de eficacia que mantiene en el sistema de mantenimiento de carreteras; existe una descentralización de las competencias en algunos casos de carácter total como es el caso de las carreteras de las comunidades autónomas que ya no es responsabilidad de la administración central sino de las autoridades de las comunidades autónomas, así como también de las carreteras de índole provincial o local es competencia de las diputaciones regionales o insulares.

La conservación de carreteras se la realiza mediante contratos de licitación para una gestión integral, así lo hace la administración central en las carreteras de su competencia y las provincias y localidades en las cuales muchas de las veces la administración central colabora mediante convenios para financiar las obras y las provincias no ven perjudicado su presupuesto.

**CHILE**, en este país también cuenta con un sistema de gestión para la conservación, mantenimiento de las vías y carreteras mediante empresas privadas y funcionan de acuerdo a las exigencias que determine la administración central.

**PERÚ**, como la mayor parte de los países en vías de desarrollo posee una gran cantidad de caminos vecinales a nivel de lastrado y trochas carrozables, a parte de las vías de orden departamental y nacional. Posee un proyecto denominado PRMCR “Proyecto de Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales” con fondos financiados por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo; y teniendo como experiencia programas anteriores la modalidad de microempresas resulto muy



efectiva, insertando de esta manera el tema de desarrollo local al mantenimiento vial que permite mayor conectividad de los sectores rurales con los sectores urbanos y ciudades en expansión.

**COLOMBIA**, por mandato legal, la administración nacional de carreteras suspendió en 1994 su papel ejecutor del mantenimiento vial, que históricamente se había considerado de responsabilidad exclusiva del estado colombiano. En 1995, el Instituto Nacional de Vías diseñó y puso en marcha un plan para la conservación del patrimonio vial de Colombia (PROVIAL), destinado a enfrentar principalmente el problema del elevado nivel de deterioro de la red vial nacional. El plan consideraba el mantenimiento de la red carretera como un reto institucional y formuló acciones para enfrentarlo. Desde entonces, la atención del mantenimiento de la red vial nacional se ha realizado a través de las seis modalidades de contratación que se describen en el presente documento. La experiencia obtenida con su aplicación es objeto de análisis. En general, se considera que la atención del mantenimiento vial a través de compañías privadas es más apropiada que a través de la administración directa. [27]

### 2.3.5. Modelos de gestión administrativa

[45] Un sistema de gestión administrativa es un conjunto de acciones orientadas al logro de los objetivos de una institución; a través del cumplimiento y la óptima aplicación del proceso administrativo: planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar.

A nivel mundial los modelos de gestión más nombrados o utilizados son [46] [47] [48]:

- **Modelo de organización lineal**

Este tipo de organización constituye una estructura simple y de carácter antiguo, pues basa su modelo en la organización de los ejércitos y las organizaciones eclesiásticas antiguas, en donde se concibe que exista una autoridad superior quien dispone y los súbditos quienes obedecen. Hay una estructura total de la organización y de esta estructura depende garantizar la eficiencia de todas las partes involucradas. Esta teoría es la considerada Teoría Clásica de la Administración, que fue desarrollada por Henry Fayol, James D. Money, entre otros.

- **Modelo de organización funcional**

También considerado como el de administración científica, la misma que fue desarrollada por el estadounidense Frederick Winslow Taylor, por el contrario a la



teoría clásica, centra su estudio en las funciones y condiciones de los obreros fabriles, concibe que hay que tomar en cuenta la funcionalidad de los obreros, su comportamiento de acuerdo a su aptitud y a sus condiciones de trabajo. Hay mayor rendimiento cuando el obrero se siente bien, está en sus mejores condiciones de trabajo, cuando existe cooperación, armonía, educación y desarrollo de los trabajadores.

- **Teoría burocrática**

Esta Teoría desarrollada por Max Weber se caracteriza por la división del trabajo, una jerarquía definida con claridad, con reglas y directrices establecidas con exactitud; por lo consiguiente quien garantiza la efectividad y obediencia de las mismas es la fuerza de carácter legal que tiene dentro de sus funciones, pero además esta obediencia legal se extiende a las personas dentro de las funciones que desempeña, nada más dentro de las atribuciones que han sido delegadas a fin de poder ejercer autoridad.

- **Teoría estructuralista**

Esta teoría surge como una decadencia de las teorías clásicas y humanistas de las organizaciones, centra su atención en la organización como una unidad social grande y compleja en donde interactúan los grupos sociales que comparten algunos objetivos de la organización, pero que también pueden tener sus diferencias en otros. Es decir, es un todo que se forma de partes que a lo largo de su desarrollo se comparten y se diferencian, se auto aíslan y ganan autonomía unas sobre otras pero siempre manteniendo la integración y la totalidad.

### **2.3.6. Estructura de un sistema de gestión vial**

Como se ha expuesto anteriormente [49] un Sistema de Gestión Vial permite planificar y prever las actuaciones que deben realizarse sobre las carreteras de una determina red para mantenerla con un nivel de calidad adecuado. Es así que la estructura de un adecuado sistema de Gestión Vial propuesto por el autor de la Tesis se puede apreciar en la Ilustración N° 7.



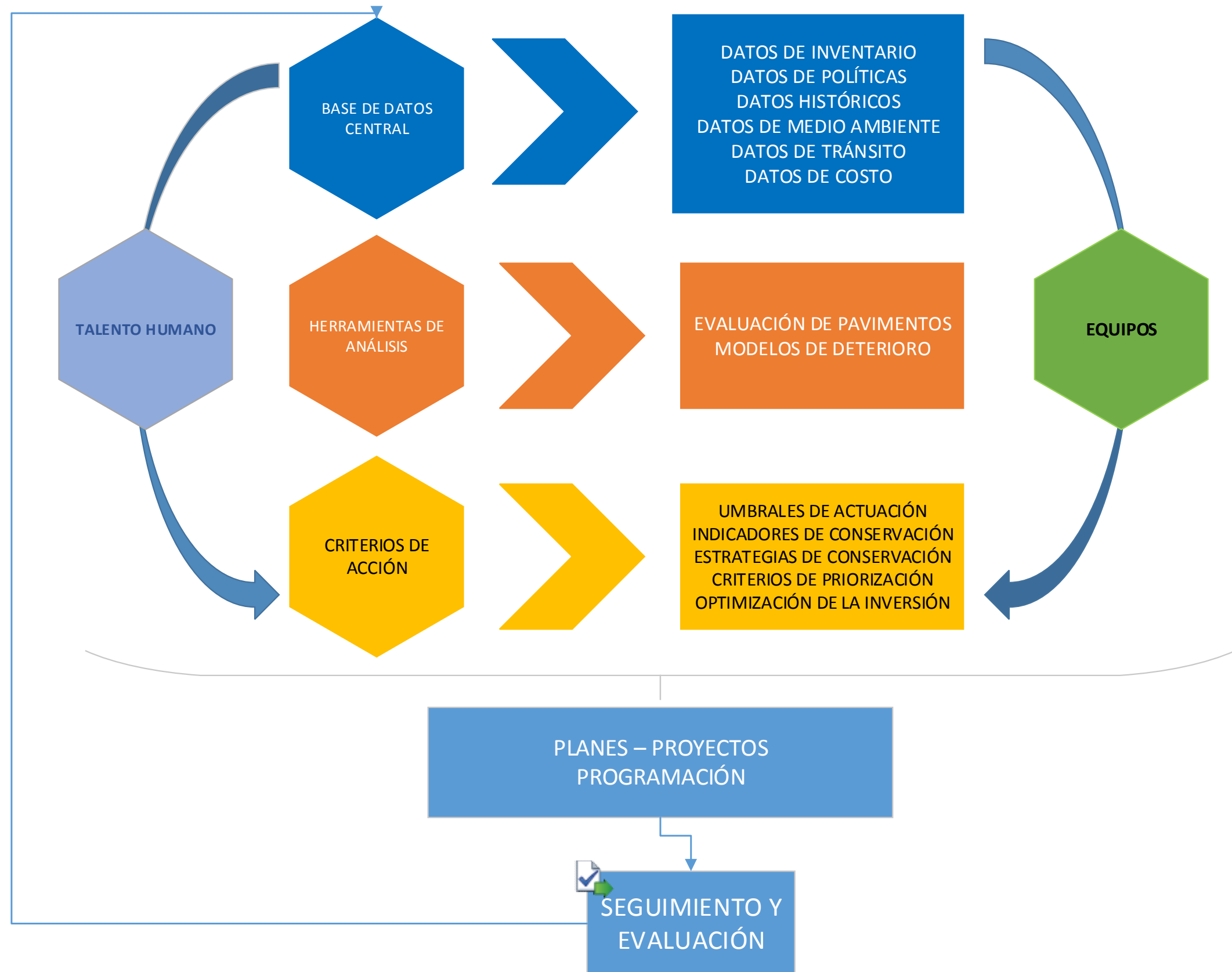


Ilustración N° 7: Representación de una estructura básica de un sistema de gestión vial  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [50]



### 2.3.6.1. Base de datos central

La forma operativa para conseguir el aprovechamiento de la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de gestión está en la creación de las denominadas bases de datos, generalmente en soporte informático. Estos son el conjunto de archivos informativos coherentes entre sí, accesibles a numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizados permanentemente.

En relación a las vías, las fuentes de una base de datos son por un lado la inspección visual y la ocultación con aparatos y por otro el propio proyecto de construcción, así como los informes de control de calidad o los existentes de anteriores actuaciones de conservación llevadas a cabo durante la vida de la vía.

La información mínima que debe suministrar una base de datos ha de estar constituida por:

- *Datos procedentes del proyecto y de la construcción*
- *Inventario de la red vial (geometría, secciones, composición del pavimento, señalización, drenaje, etc.)*
- *Datos de tráfico (composición e intensidad)*
- *Datos de las condiciones del pavimento (estado superficial y estructural)*
- *Datos del historial del pavimento (conservaciones, rehabilitaciones, etc.)*

Sin embargo, es habitual que en estas bases de datos estén también disponibles los relativos a medidas de seguridad superficial, medidas de resistencia al deslizamiento, características del drenaje y señalización. Finalmente pueden aparecer también datos de accidentes, medida de deflexiones y ensayos sobre probetas testigo.

#### • Inventario de la red vial

El objetivo del inventario vial es determinar los elementos físicos del camino que deben ser motivo de la conservación vial. En general, se trata de recopilar información de los componentes viales y de aquellos elementos especiales que hagan parte de la carretera y que deben ser motivo de conservación rutinaria [51].

#### Elementos del Inventario

Está a cargo del ingeniero civil quien se encargará de realizar un inventario que debe cumplir los siguientes elementos [52].





1. **Datos generales de la vía:** En el inventario se identifica la vía con su nomenclatura o código oficial, el tramo correspondiente con sus kilómetros de inicio y final, aldea o caserío, municipio y departamento donde está ubicado, comunidades que se encuentran dentro del tramo, si es posible la información del tráfico medio diario y los antecedentes en cuanto a intervenciones de mantenimiento rutinario en el último año.
2. **Clasificación del terreno:** Aquí se establece el tipo de terreno por donde va atravesar la carretera señalando la forma: como ondulado, plano, montañoso o escarpado.
3. **Calzada:** zona exclusiva para el tránsito de vehículos. La calzada constituye uno de los elementos principales de la carretera, corresponde a la superficie por donde circulan los vehículos. El inventario de la calzada se hará midiendo su ancho en metros, con aproximación al centímetro y clasificando su superficie de acuerdo con el material de rodadura en la siguiente forma:

CA: Concreto Asfáltico,	TS: Tratamiento Superficial,
CH: Concreto Hidráulico,	EM: Empedrado,
AD: Adoquines,	MS: Material Selecto,
TI: Tierra,	OM: Otros Materiales.

4. **Espaldón:** Esto se refiere a la superficie que existe entre la calzada y cunetas, por medio del inventario se señala la longitud en kilómetros y en metros lo referente al ancho, mencionar si hay problemas como baches, hundimientos entre otros.
5. **Derecho de vía:** Este término se refiere exclusivamente al terreno en los dos lados de la carretera donde están incluidos los taludes y los terraplenes. Se debe aclarar si existen invasiones ya sea debido a las construcciones, cultivos que están fuera de la ley.
6. **Cunetas y canales:** Se refiere a las zanjas laterales paralelas al eje de la vía cuya función principal es servir de encauzamiento para evacuar el agua de la lluvia proveniente de la calzada y de los taludes de cortes del terreno natural. La sección transversal de las cunetas es de forma variable, según sea la sección del diseño, siendo las más comunes las de forma triangular, trapezoidal o cuadrada. En general los canales son de sección rectangular y trapezoidal. Tanto las cunetas y los canales son importantes al momento de la elaboración



de un inventario por lo que deben estar limpios para que el agua pueda fluir libremente. Además, se medirá la longitud en kilómetros para evaluar si están revestidos.

7. **Cunetas de coronación:** Las cunetas de coronación son zanjas excavadas en el terreno natural, en la parte superior de los taludes de los cortes del terreno, con el fin de interceptar y encauzar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, con la función de evitar la erosión de los taludes, el azolve de las cunetas y, por supuesto, el deterioro de la calzada y de los hombros, por el agua y el material de arrastre.
8. **Alcantarillas:** Son obras de drenaje transversales a la vía que permiten y facilitan el paso del agua proveniente de cauces, canales o cunetas. Para el inventario se debe indicar el kilometraje de la vía en donde se encuentra y se debe medir su longitud en metros con aproximación al centímetro. Además, se debe indicar el tipo de material con el que han sido construidas, el porcentaje de colmatación o azolvamiento en el que se encuentran y si posee cabezales.
9. **Puentes:** Los puentes son estructuras viales que se utilizan para salvar obstáculos como ríos y quebradas, son construidos generalmente en concreto u hormigón, acero, mixtos o en madera. El inventario del puente será sólo para los elementos motivo de conservación con mano de obra y herramientas manuales. Se tomará información de la localización, el nombre, curso de agua, la longitud, el ancho de calzada, tipo y características de barandas y ancho de vereda para el paso peatonal, estado general del puente Bueno (B), Regular ®, Malo (M), estado del sistema de drenaje de la losa (imbornales) o tablero del puente indicando si está Azolvado (A), Medianamente Azolvado (MA) o Limpio (L). Así mismo, indicar el estado y nivel de azolvamiento en que se encuentra el cauce aguas arriba y abajo y por debajo de la estructura.
10. **Muros:** Son estructuras de retención que se utilizan para estabilizar taludes de cortes o terraplenes.

- **Datos históricos**

Los datos históricos de construcción, mantenimiento sirven para evaluar la efectividad de los programas de mantenimiento, también son útiles para evaluar la efectividad de los procedimientos constructivos.



- **Datos de políticas**

El marco general de la política de conservación vial se desprende de las definiciones institucionales respecto a la misión de las instituciones responsables de la Conservación Vial y sus objetivos estratégicos, en los cuales se enfatiza la necesidad tanto de proveer, como de mantener, servicios de infraestructura vial orientados a satisfacer las necesidades de los usuarios con estándares adecuados y realizando una conservación oportuna.

El alcance de la política de conservación vial, corresponde a un nivel táctico, y es el de establecer para las diferentes carpetas de rodaduras de la red vial nacional, un grupo de acciones de conservación vial a ser aplicadas en función de “Umbrales Admisibles”.

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un plan de operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización. Este plan permite desarrollar paso a paso una actividad programa en forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos puntos que el plan de operaciones no puede omitir [53]:

- Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.
- Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento, y la hora en que deben de finalizar.
- Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.
- Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.
- Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en caso sea necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.
- Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- Planos, diagramas, información técnica de equipos.
- Plan de seguridad frente a imprevistos.

Luego de desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de un Informe de lo actuado, el cual entre otros puntos debe incluir [54]:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento
- El resultado de la evaluación de dichos equipos
- Tiempo real que duro la labor
- Personal que estuvo a cargo
- Inventario de piezas y repuestos utilizados
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento
- Conclusiones

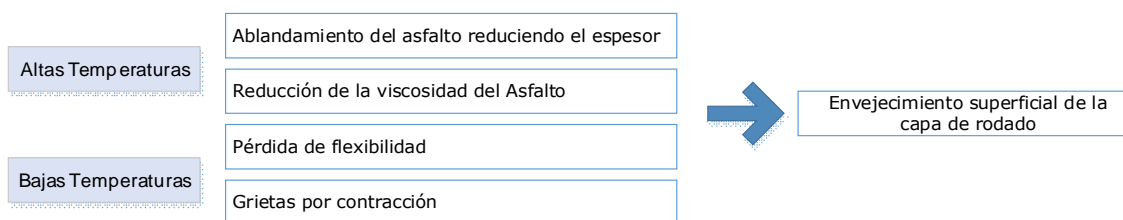
La información de políticas implementadas es de suma importancia para poder seleccionar las estrategias que se pueden desarrollar a nivel de proyecto o a nivel de red.

- **Datos de medio ambiente**

Sobre este aspecto prima la información que pueda obtenerse sobre temperatura y precipitaciones. La temperatura tiene efectos conocidos en el comportamiento y resistencia de las mezclas asfálticas y por ende en el diseño de los espesores de refuerzo. La precipitación definirá las necesidades de mantenimiento o construcción de las estructuras de drenaje de la vía. Eventualmente, la existencia de obras de drenaje debe ser considerada para deducir algunas causas posibles de los daños observados y formular recomendaciones de rehabilitación vial que van más allá de la determinación de espesores [55].

Una de las principales solicitudes a las que se encuentran sometidos los pavimentos es las generadas por las condiciones medioambientales del entorno, las cuales se representan por medio de la temperatura y la lluvia.

### Efectos de la temperatura



### Efectos de la humedad (Precipitaciones)



Disgregación de la mezcla asfáltica

Reducción de la resistencia y la estabilidad de la base, subbase y subrasante

Transporte de contaminantes en grietas

Afecta también la resistencia al deslizamiento (fricción).

### **Efectos de la radiación UV**

A mayor periodo de exposición de radiación ultravioleta la vida en ciclos de la mezcla disminuye, los módulos dinámicos aumentan entre 90 y 132% y la deformación permanente aminora un 57%, convirtiéndose así en una estructura más frágil

#### **• Datos de tránsito**

El tránsito es un factor de importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que afectará al pavimento en un período determinado. En los últimos años se aprecia un aumento en el volumen de vehículos, pero ese aumento ha sido aún mayor en términos de la carga que se transporta, por lo que el comportamiento de los pavimentos se ha visto afectado significativamente.

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas, para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Esto tiene el efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.

Las características del tránsito utilizadas son: volumen, composición vehicular y cargas por tipo de vehículo.

Para conocer las características del tráfico es necesario realizar medidas y estudios en las carreteras existentes. Los datos obtenidos se utilizan como base para el planeamiento y exploración de las redes viales, la aplicación de regulaciones del tráfico y la investigación de los efectos de los diferentes elementos de la carretera en la circulación de vehículos.

Para establecer el programa de construcción de caminos es necesario el estudio de la circulación sobre las distintas arterias, al objeto de elaborar los planes de modificación o transformación de la infraestructura, determinar las dimensiones de los



caminos y apreciar la utilidad de los ya proyectados. Esto depende generalmente de la circulación media en el itinerario, ya que las características de los caminos a proyectar dependen de la intensidad en punta de circulación predecible.

La medición del tráfico se realiza mediante [55]:

**VOLÚMENES DE TRÁFICO:** Es el número de vehículos que pasan por una sección de vía determinada, en un tiempo determinado, (veh / hora), (veh / semana) y (veh / año).

**DENSIDAD DEL TRÁFICO:** Es el número de vehículos que localizados en un tramo de vía, conservando el movimiento y desplazamiento vehicular medido, siempre en un periodo de tiempo determinado, (veh / km).

**CAPACIDAD DEL TRÁFICO:** Se considera el volumen máximo de tráfico que puede circular por una vía determinada en condiciones óptimas de seguridad, comodidad y velocidades consideradas en las condiciones de diseño y operación.

- **Datos de costos**

Para realizar el análisis de costos se debe tomar en cuenta por una parte, los costos de construcción, mantenimiento, y rehabilitación de los pavimentos, y por otra, los costos relacionados con el uso de la infraestructura por parte de los usuarios, es decir, costos de operación vehicular, costos asociados con el valor del tiempo de pasajeros, la demora de mercancías, y costos de accidentes.

### **2.3.6.2. Herramientas de análisis**

Durante el ciclo de vida de un pavimento es común la aparición de las conocidas fallas, estas generalmente son ocasionadas por distintos factores internos y externos, que sin duda alguna afectan el estado de la calzada y esto a su vez influye en el nivel de servicio que ofrece la vía a los usuarios y beneficiarios en general ocasionando incomodidad, inseguridad, elevación de gastos y costos

A continuación anotaremos algunas de las causas de falla de un pavimento [56]:

- Mala calidad de los materiales
- Fallas por fatiga
- Fin de ciclo de vida
- Deficiencias de diseño
- Deficiencias constructivas
- Incremento inesperado de Tránsito
- Acciones climáticas extremas



- Deficiencias en la Conservación

Fallas superficiales: como su nombre lo indica se presenta en la superficie de la calzada de rodadura, las acciones de corrección no pasan de esta capa y no contribuyen al refuerzo estructural del pavimento [56].

Fallas estructurales. Se presentan en las capas que constituyen la estructura soportante de la carga de tránsito de la vía (subrasante – subbase – base – rodadura), los trabajos de corrección van dirigidos a la intervención puntual y refuerzo de la estructura existente [56].

- **Valoración del estado actual de pavimentos**

Los pavimentos son estructuras diseñadas y construidas para ofrecer a los usuarios y beneficiarios, seguridad, comodidad y confiabilidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en: inspecciones, análisis y resultados, presentados en un informe, en el cual se muestra la condición superficial de la calzada, para posteriormente programar y planificar adecuadamente las actividades de intervención que garantizarán un mayor lapso de vida de la estructura y servicio óptimo de la vía para los usuarios y beneficiarios, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre [57].

Un diagnóstico a tiempo de la condición de la calzada de una vía es de vital importancia, pues nos permitirá conocer el estado y avance de las posibles fallas que se presentan o se presentarán en la vía, para de esta manera planificar y programar con el debido tiempo las acciones correctivas necesarias para atenuar o corregir esos desperfectos.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores como se explicó oportunamente en el apartado 2.2.7.

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo



y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

- **Métodos de evaluación**

El pavimento puede ser evaluado mediante 3 distintas formas [58] [59]:

- **Inspección visual**

Es el principal medio para la obtención de datos genéricos relativos al estado del firme. Como lo menciona [49], acerca de la inspección visual:

*“....Cosiste en una inspección realizada directamente sobre el terreno por técnicos cualificados que recorren la carretera a pie o en vehículos a marcha lenta, con objeto de detectar e incluso tratar de cuantificar los deterioros existentes siguiendo criterios preestablecidos.”*

Para que una inspección visual sea eficaz debe responder a unos criterios que a la vez sean sencillos y no introduzcan una subjetividad grande.

La inspección visual es uno de los componentes para la evaluación de la calidad vial, mediante este se puede se puede conocer la eficacia de la carretera.

Las actividades de inspección visual de carreteras, mantenimiento de inventarios, los informes de mantenimiento ejecutados, las oscultaciones de estado, etc. son necesarias llevarlas a cabo con regularidad para de esta manera gestionar adecuadamente la explotación de la carretera y deben ser realizadas por personal técnico capacitado. Para evaluar la condición y calidad de una carretera se debe detectar y localizar de manera rápida los deterioros, para que sean estudiados y analizados y así poder solucionarlos.

- **Ensayos no destructivos**

Se denominan así, debido a que permiten estudiar la capacidad estructural existente de un pavimento sin necesidad de intervenir en ningún punto. Entre los métodos no destructivos, se reconocen dos clases [60]:

- Medidas de deflexión y
- Evaluaciones empíricas

- **Medidas de deflexión**

Estos métodos se basan en producir deformaciones elásticas o deflexiones en el pavimento mediante dispositivos especiales, los cuales actúan bajo una sollicitación estática o dinámica. Estas deflexiones desaparecen una vez que deja de actuar el



dispositivo de medición. Existen varios equipos capaces de medir deflexiones, destacándose entre los más importantes los siguientes:

- **VIGA BENKELMAN:** Es el dispositivo más antiguo desarrollado, el cual ha sido tradicionalmente usado para medir deflexiones. Consiste en una estructura con tres puntos de apoyo (Ilustración N° 8), de los cuales dos se apoyan en el pavimento en forma de viga simple y un tercero que pivotea en torno a esta bajo la acción de una carga normalizada (Eje simple de 80 kN), con lo cual se registra la deformación relativa entre estos puntos. Este dispositivo tiene la importancia de que es utilizado como el parámetro base para la evaluación estructural de varias metodologías, como ser la del Asphalt Institute (USA) [61], el TRRL (Inglaterra) [62] y el modelo HDM-4 [63].

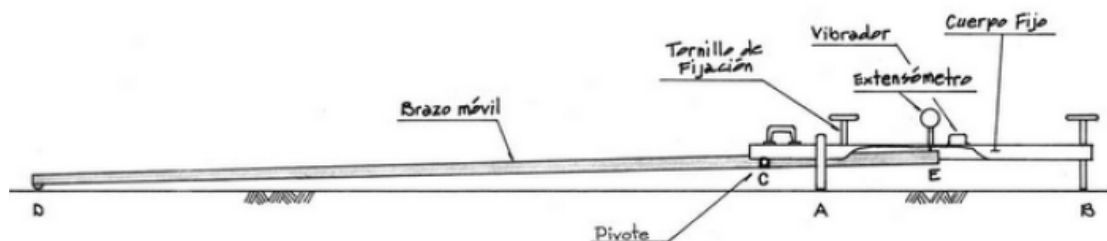


Ilustración N° 8 Viga Benkelman

Fuente: [64]

- **DEFLECTÓMETRO:** Consiste en utilizar una viga de deflexión similar a la Viga Benkelman, pero montada en el chasis de un vehículo especialmente adaptado para tales fines. Los deflectómetros más conocidos, son el Lacroix del LCPC (Francia) y una versión modificada por el TRRL (Inglaterra), y el desarrollado en California. La ventaja de este equipo respecto de la viga Benkelman, es que permite realizar las mediciones en forma continua, pudiendo auscultar un número mayor de kilómetros al día. Además, esta correlacionado con la viga Benkelman, por lo cual los valores entregados son fácilmente convertibles a esta última, de acuerdo al método del TRRL.
- **DYNAFLECT:** Este dispositivo desarrollado y usado en los Estados Unidos, opera bajo el principio de fuerzas vibratorias, la cual es aplicada en el pavimento por medio de dos pequeñas ruedas metálicas. La magnitud de estas deformaciones, son captadas por medio de cinco geófonos colocados en el centro del eje de las dos ruedas y espaciados a intervalos de 30 cm, desde el punto de aplicación. La ventaja respecto a los anteriores métodos, es que puede registrar además de la deflexión máxima, deflexiones en otros puntos alejados, permitiendo estimar por retroanálisis las características estructurales de las capas del pavimento, especialmente el suelo

de fundación. Estas mediciones pueden ser correlacionadas además con las medidas por otros equipos.

- FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD):

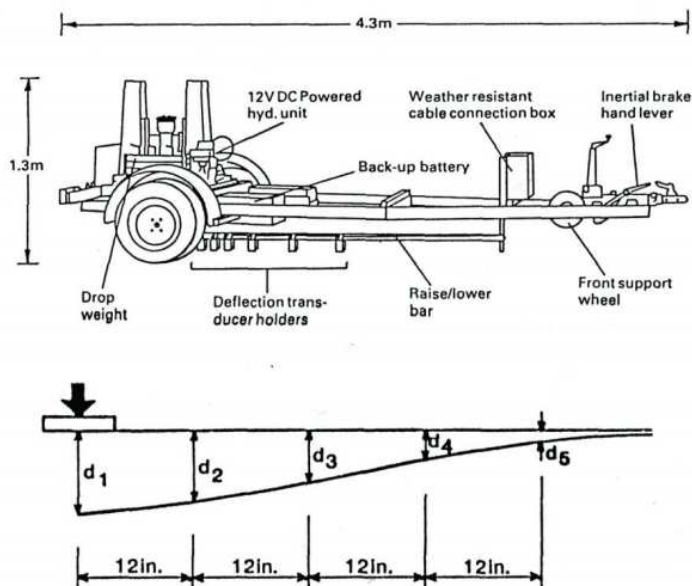


Ilustración N° 9 Falling Weight Deflectometer

Fuente: [60]

El principio de operación es similar al Dynaflect, con la diferencia de que la sollicitación se produce mediante el impacto producido por la caída libre de un peso sobre unos mecanismos con amortiguadores, los que se apoyan en una placa de goma sobre el pavimento (Ilustración N° 9). También en este caso, las vibraciones son captadas por medio de sensores sísmicos ubicados a distintas distancias del punto de aplicación. Esto hace posible generar un cuenco de deflexiones a distintas distancias, las cuales son parámetros de evaluación estructural para algunos métodos de diseño, en particular los métodos AASHTO y Shell. Las deflexiones medidas con un FWD pueden ser incorporadas en cualquier modelo mecánico para la determinación de los espesores de capas de refuerzo. El FWD permite medir además la deflexión relativa entre juntas de una losa de hormigón. Existen en el mercado varios modelos de FWD, de los cuales los más conocidos son el Dynatest y el KUAB (USA), y el Phoenix (Dinamarca). Entre los modelos FWD también se incluye el HWD (Heavy Weight Deflectometer, modelos de cargas más pesadas que se emplea principalmente en aeropuertos.



- **Evaluaciones empíricas (vida remanente)**

Este método de evaluación no constituye en sí un ensayo, corresponde más bien a una evaluación la cual está basada en relacionar directamente la pérdida de capacidad estructural del pavimento con las solicitaciones de tránsito reales acumuladas. Para estimar esta vida remanente se deben determinar, el tránsito solicitante que ha soportado el pavimento desde la última puesta en servicio a la fecha, y el tránsito total que produce la falla total del pavimento (estimado según el método AASHTO para una serviciabilidad final de 1.5). Este método de evaluación, no es recomendado por la incertidumbre de la predicción del tránsito acumulado, y por qué no considera el efecto del agrietamiento existente, lo cual puede significar una vida remanente bastante menor a la que indicaría este método.

Los ensayos no destructivos están dirigidos a controlar las características superficiales de un pavimento para [60] :

- Resistencia al deslizamiento (Seguridad)
- Regularidad superficial (Comodidad)
- Costo usuario (economía)
- Impacto ambiental

La auscultación con aparatos del pavimento de una carretera es un paso más sobre la inspección visual, aunque en ningún caso puede prescindirse de ésta en la determinación del estado de dicho pavimento. Gracias a la auscultación con aparatos es posible proceder a cuantificaciones, absolutamente imprescindibles por ejemplo en el caso de rehabilitaciones, y llegar a rendimientos elevados en la obtención de datos, lo que permite el seguimiento de una red de carreteras.

La auscultación debe basarse en trabajos desarrollados de una manera continua en el espacio y con una periodicidad preestablecida. Es lo que se denomina auscultación sistemática, que se lleva a cabo con aparatos que permiten elevados rendimientos.

Seguidamente, en las zonas o tramos en que dicha auscultación sistemática o la propia inspección visual han detectado singularidades se procede a una auscultación puntual de menor rendimiento, pero que proporciona mayor precisión.

- **Ensayos destructivos**

La ejecución de estos ensayos, requiere alterar el pavimento existente en algún punto. Entre los ensayos destructivos más utilizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la estructura existente, se encuentran [60]:



- **EXCAVACIÓN DE CALICATAS** para determinar propiedades de los materiales de capas: este procedimiento corresponde al procedimiento tradicional de recolectar información de diseño y tiene como objetivo la determinación de distintas propiedades de los materiales de las capas que conforman el pavimento, para el diseño y/o evaluación estructural. Entre los parámetros a considerar, se encuentran: espesores de capas, CBR de las capas granulares, clasificación, densidades y humedades. Como complemento de este procedimiento, se debe realizar una inspección visual de la superficie, de modo de detectar posibles fallas (en especial grietas) que puedan determinar un menor aporte estructural de las capas de rodado.
- **EXTRACCIÓN DE TESTIGOS:** mediante una extractora de testigos, se obtiene una probeta cilíndrica de las capas superficiales del pavimento. En general, solo es aplicable a la extracción de materiales de capas de asfalto y hormigón. Permite medir los espesores y propiedades mecánicas de resistencia de capas cementadas.
- **PLACA DE CARGA:** El ensayo de placa de carga sirve para la evaluación de la capacidad portante del material de subrasante, bases, y en algunos casos, del pavimento completo utilizando placas de diámetros relativamente grandes. De este ensayo se determina un módulo de reacción (k). Para aplicar este método en pavimentos existentes, se requiere efectuar calicatas de gran superficie, lo cual resulta poco práctico y costoso. Este ensayo ha quedado paulatinamente en desuso.
- **PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO:** el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) es un dispositivo que permite realizar de un modo expedito, una auscultación in-situ de las capas de suelo de la subrasante y bases granulares. El principio se basa en la acción de una masa dinámica que cae desde una altura preestablecida, lo que produce la penetración de una sonda en forma de cono. Como resultado del ensayo, se encuentra la penetración de la sonda para un determinado número de golpes, el cual está relacionado con las propiedades de CBR.

- **Evaluación de la capacidad estructural del pavimento**

La capacidad estructural de un pavimento se refiere a la capacidad que este tiene de soportar las cargas de tránsito presente y futuras. La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural que tienen las distintas capas que componen la estructura del pavimento. La falta de capacidad estructural, genera en el corto plazo agrietamiento por fatiga, lo que se traduce en el mediano plazo en deformaciones permanentes. Conocer la capacidad estructural de



un pavimento provee de valiosa información para la selección y diseño de alternativas de conservación y rehabilitación confiables y eficientes.

Generalmente las fallas estructurales se originan principalmente por [65]:

1. Cuando la capacidad de deformación-recuperación de los materiales que conforman la estructura de pavimento es excedida más allá del valor que determinan las deformaciones recuperables por elasticidad instantánea y retardada, desarrollándose deformaciones permanentes (ahuellamiento) en cada aplicación de las cargas, las que se acumulan modificando los perfiles de la calzada hasta valores que resultan intolerables para la comodidad, seguridad y rapidez del tránsito y aún pueden provocar el colapso de la estructura.
2. Las carpetas asfálticas sufren el fenómeno denominado fatiga cuando el número de aplicaciones de las cargas pesadas es elevado, que se traduce en reducción de sus características mecánicas. En este caso, la deformación horizontal por tracción en la parte inferior de las capas asfálticas al flexionar la estructura, puede exceder el límite crítico y se llega a la iniciación del proceso de fisuramiento.

En la Tabla N°7 se puede apreciar las fallas estructurales que se consideran en este proyecto de titulación.

FALLAS ESTRUCTURALES
PIEL DE COCODRILO
AGRIETAMIENTO DE BLOQUE
ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS
DEPRESION
HUECOS
AHUELLAMIENTO
DESPLAZAMIENTO
HINCHAMIENTO

**Tabla N° 7 Principales fallas estructurales en pavimentos flexibles**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [65] [60]

A continuación en la Tabla N° 8 se comparan algunas metodologías utilizadas de evaluación estructural de pavimentos [60]:

PROCEDIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
VIGA BENKELMAN	APARATO SIMPLE PARA MEDIR DEFLEXIONES. ES DE BAJO COSTO. NO ALTERA EL PAVIMENTO	BAJO RENDIMIENTO. MIDE SOLAMENTE DEFLEXION MÁXIMA
ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA DEFLECTÓMETRO	ALTO RENDIMIENTO. NO ALTERA EL PAVIMENTO	ALTO COSTO. SOLO DEFLEXIÓN MÁXIMA ES UTILIZABLE COMO PARÁMETRO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
	ALTO RENDIMIENTO. NO ALTERA EL	



**Tabla N° 8 Comparación entre los principales métodos de oscultación estructural**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [60]

- **Evaluación de la capacidad funcional del pavimento**

La evaluación funcional del pavimento tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario. Entre este tipo de deficiencias se encuentran [59]:

**Rugosidad:** Se define por rugosidad a las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario. Uno de los principales esfuerzos para calificar y cuantificar esta calidad de servicio, fue desarrollado durante la prueba AASHO. En ella se propusieron los siguientes términos para definir la calidad con que el pavimento sirve al usuario.

- PSR (Present Serviciability Rating): El juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario.
- PSI (Present Serviciability Index): Corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y



otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento.

**Fallas superficiales:** Son aquellos defectos que se manifiestan en la superficie del pavimento, y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante por lo tanto, efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza mediante una inspección visual empleando fichas diseñadas especialmente para este efecto. Estas fichas según la importancia del proyecto pueden ser elaboradas con diferentes grados de detalle.

En la Tabla N° 9 se puede apreciar las principales fallas superficiales en las vías de nuestro medio.

FALLAS SUPERFICIALES
EXUDACIÓN
CORRUGACIÓN
GRIETA DE BORDE
GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA
DESNIVEL CARRIL / BERMA
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
PARCHEO
PULIMIENTO DE AGREGADOS
CRUCE DE VÍA FÉRREA
GRIETAS PARABÓLICAS
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

**Tabla N° 9 Daños superficiales en pavimentos asfálticos**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [60]

**Pérdida de fricción:** Este es un defecto que tiene relación directa con la seguridad del usuario, particularmente en segmentos de alta velocidad, zonas de frenado (cruce de peatones, colegios, etc.) y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con peraltes menores a 6%. La pérdida de fricción se produce como consecuencia de una disminución combinada o individual de la macrotextura como de la microtextura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra mojado. Para medir la resistencia al patinaje en un pavimento existen diversos equipos, entre los de mayor uso en se cuentan: el Ensayo



de Mancha de Arena, Péndulo Británico y Mu-Meter.

- **Principales métodos utilizados en la evaluación de pavimentos**

**Método PAVER**

El método de evaluación visual de pavimento llamado PAVER fue desarrollado en el Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los EE.UU. (USACERL), siendo esta una herramienta de uso militar y civil. Desde su implementación en 1980, ha obtenido una aceptación rápida en los círculos militares y civiles a través del mundo [66].

La metodología PAVER consiste en medir de manera exacta, el porcentaje de área afectada y la severidad de las fallas presentes en la superficie de pavimento y mediante la utilización de curvas se obtiene los pesos que se le asignan a cada una de ellas, representando de esta forma mediante el índice el nivel de los daños y su comportamiento a las solicitudes de carga.

Los daños superficiales se califican según el índice de falla denominado MDR (Modified Distress Rating) o índice de daños de la superficie del pavimento. Este parámetro varía de 0 a 100, donde 0 simboliza una vía completamente destruida y 100 una vía en perfecto estado superficial. El índice MDR se calcula bajo la siguiente expresión basada en la metodología propuesta por el Washington State Department of Transportation (WSDOT).

$$MDR = 100 - \sqrt{\sum pn_i^2}$$

Ecuación N°1

Donde  $pni$ , es el peso de ponderación del daño según su severidad y extensión.

Este cálculo se basa en los valores deducibles obtenidos de las respectivas curvas o pesos en función del grado de severidad y de la extensión del daño de acuerdo con el sistema PAVER desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

La determinación de los valores deducibles para cada tipo de daño se logra mediante el uso de las curvas PAVER considerado en los trabajos de campo. Conociendo el porcentaje de extensión de la superficie dañada en el pavimento (eje X) se intercepta con la curva que representa la respectiva severidad (alta, media o baja) y se establece el valor deducible (eje Y).





Estos valores deducibles se introducen en la fórmula antes mencionada, obteniéndose el valor del MDR. En el caso de vías con alto grado de deterioro, la raíz cuadrada de la sumatoria de los pesos al cuadrado puede resultar mayor que 100 por lo cual, al realizar el cálculo se obtendrían valores negativos. Por definición, el MDR es un índice positivo, en estos casos, se asigna un MDR igual a cero. A continuación en la Tabla N° 10 se observan las curvas de deterioro para el pavimento flexible.

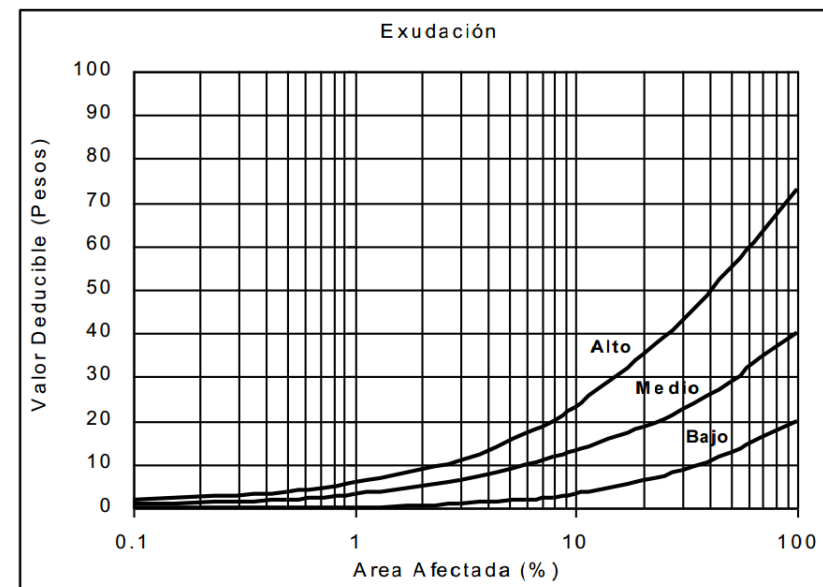
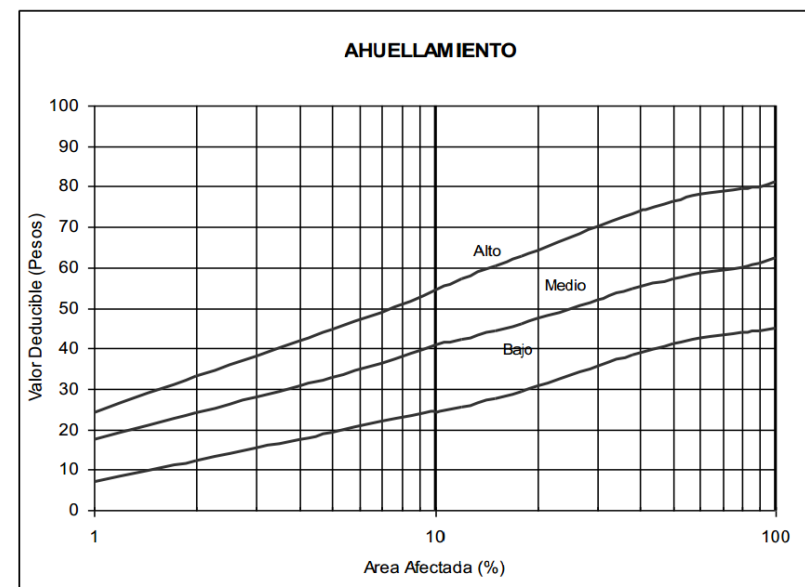
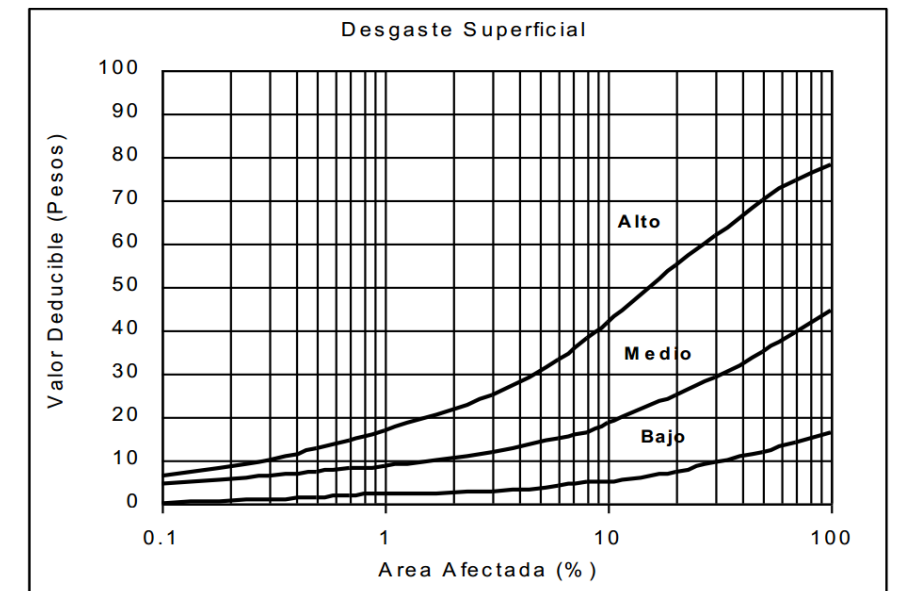
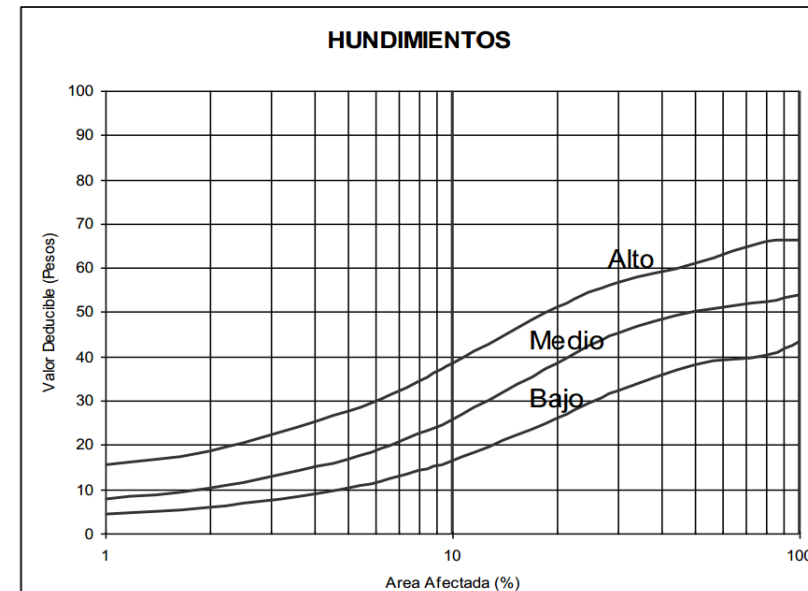
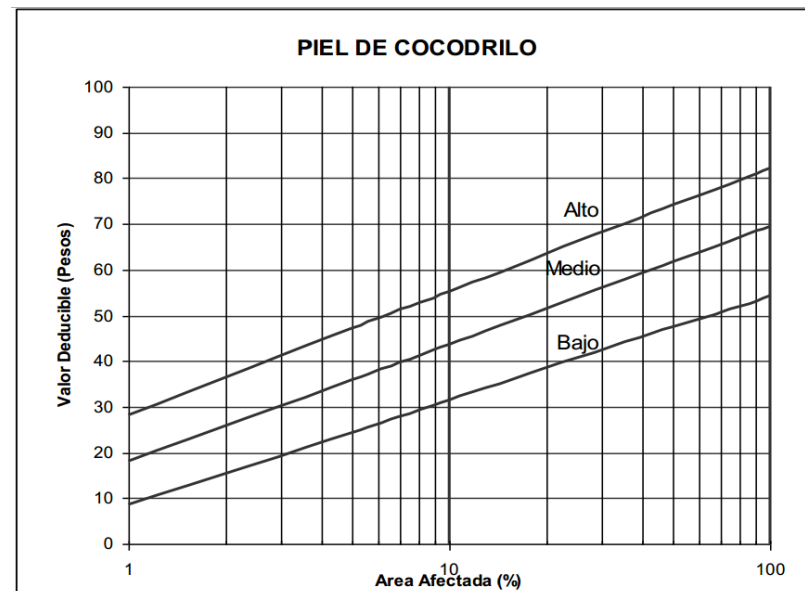
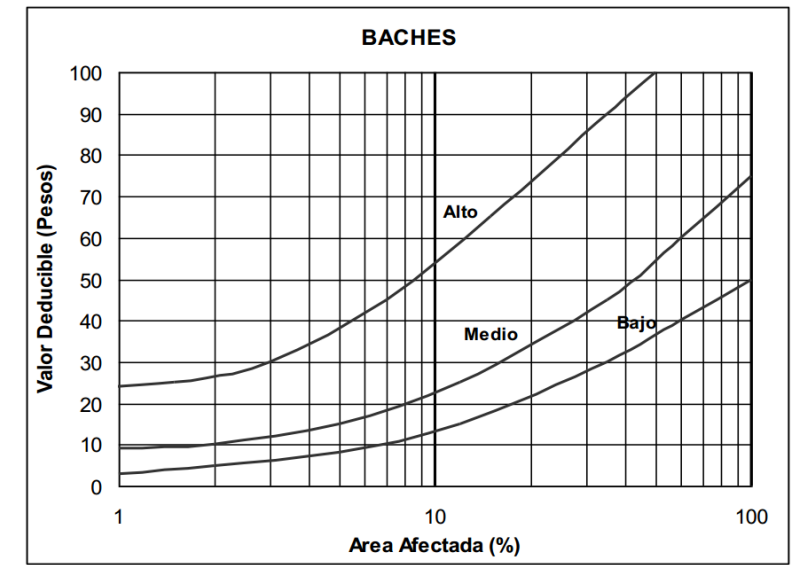
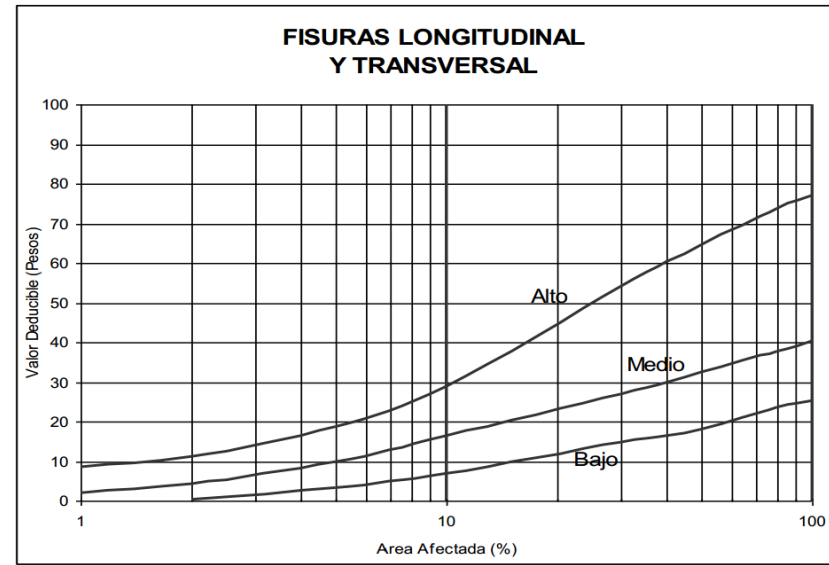
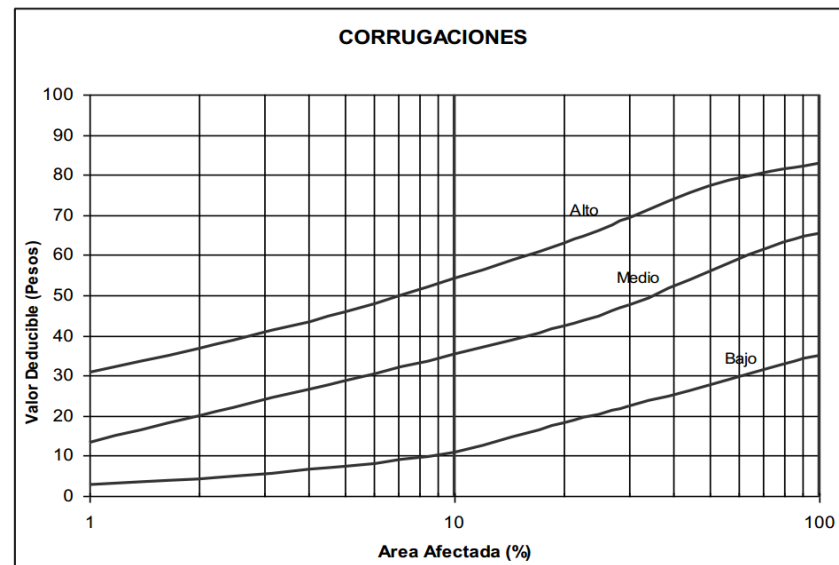


Tabla N° 10 Gráficas para metodología PAVER  
Fuente: Documentación recogida e investigada [67]

La clasificación del MDR de acuerdo con los rangos establecidos por la metodología propuesta por el WSDOT- Washington State Department of Transportation, se presenta a continuación en la Tabla N° 11.

CLASIFICACIÓN	INTERVALO MDR	CALIFICACIÓN
VERDE	100 - 79	EXCELENTE
AMARILLO	78 - 59	BUENO
NARANJA	58 - 40	REGULAR
ROJO	39 - 0	MALO

**Tabla N° 11 Clasificación de estado según el índice MDR**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [67]

El inventario de daños es efectuado mediante el manual de fallas para poder hacer el cálculo del MDR a través de las curvas PAVER, ya que esta metodología solo contempla 9 daños:

- Desgaste superficial
- Exudación
- Bache
- Hundimiento
- Corrugación
- Ahuellamiento
- Fisura longitudinal
- Fisura transversal
- Piel de cocodrilo

### ***Método PCI (Pavement Condition Index)***

La metodología PCI corresponde a la norma americana ASTM D6433-07. El método PCI es una técnica visual que no requiere herramientas ni equipos especiales, mide el estado de la superficie del Pavimento bajo algunos parámetros de manera indirecta que ayudan a la obtención de la condición de la calzada. “Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado” [68]. El método PCI al realizar una oscultación visual de la condición de la vía, su cálculo se fundamenta en listado de deterioros que se pueden encontrar agrupándolos según su clase, cantidad y severidad. Debemos tener presente que la aplicación de esta técnica no es para solucionar aspectos de

seguridad vial, el PCI se formuló con el objeto de hallar un “*índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento*” [69] para su posterior análisis y adecuado tratamiento.

El objetivo de este método es [70]:

- Determinar un número que representa el estado superficial de la calzada y que está ligado a la integridad estructural del pavimento sirviendo como una medida indirecta de la calidad de servicio brindada a los usuarios y beneficiarios. Se entiende por integridad estructural a la capacidad que tiene el sistema (subrasante – subbase – base y carpeta) para resistir y tolerar adecuadamente todas las acciones externas. Y nivel de servicio es la capacidad de un activo para para ofrecer condiciones óptimas para el tránsito.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).** Es valor numérico con rango desde cero (0) hasta cien (100).

**GRADO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.** Es una representación de calidad del pavimento está ligado estrechamente al índice de condición del Pavimento.

Para el trabajo de campo la vía se debe dividir en secciones que varían de acuerdo al tipo, pero en ningún caso debe exceder el rango de  $230\text{m}^2 \pm 93\text{m}^2$  estas secciones deberán contemplar el tipo de rodadura con la que está construida la vía.



**Ilustración N° 10 Índice y grado de condición del pavimento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [67]

**CALIDAD DE TRÁNSITO,** debemos tener presente que lo realmente evaluado es el nivel de severidad de las fallas existentes en la superficie de rodamiento, es de fácil



confusión pensar que se está evaluando la calidad del tránsito sobre la vía. Para esta evaluación subjetiva se distingue tres niveles [71].

- Bajo (Low): Se perciben vibraciones que no afectan al confort de los usuarios, la velocidad de circulación es alta sin riesgo de peligros.
- Medio (Medium): Velocidad media de circulación y manejo con precaución, vibraciones significativas en el vehículo.
- Alto (High): velocidad de circulación baja alto riesgos de circulación, vibraciones excesivas en el vehículo.

Para un rápido sondeo del estado del Pavimento se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$PCI = [10,5 - 0,56IRI - 0,08Ahuell. - 0,07Baches - 0,05Cocodrilo - 0,03Exudación - 0,03Fisuras] \times 10$$

**Ecuación N° 2**

*CLASIFICACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS* en la Tabla N° 12 y Tabla N° 13 se describen de una manera rápida los tipos de fallas definidos en la Norma ASTM D6433-07.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCION	NIVELES DE SEVERIDAD			MEDIDA	OPCIONES DE REPARACION																				
		L	M	H		L	M	H																		
PIEL DE COCODRILO	Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en la parte inferior de la capa asfáltica donde los esfuerzos y las deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a la piel de cocodrilo. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como "grietas en bloque", el cual no es un daño debido a la acción de la carga).	Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.	Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.	Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito	Se miden en metros cuadrados de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobre carpeta. Reconstrucción.	Parqueo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.																		
AGRIETAMIENTO DE BLOQUE	Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante)	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm. y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm. de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.	Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta																		
BULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	Los <b>ABULTAMIENTOS</b> son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen: 1. Levantamiento de losas de concreto de cemento Portland con una sobre carpeta de concreto asfáltico. 2. Expansión por congelación. 3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito. Los <b>HUNDIMIENTOS</b> son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones"	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad, es decir, que se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo al pasar sobre el área fallada, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero causa poca incomodidad.	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, que se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo al pasar sobre la zona afectada y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Los abultamientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligrando la seguridad o un alto potencial de daño severo en el vehículo.	Se miden en metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.	No se hace nada	Fresado en frío. Parqueo profundo o parcial.	Fresado en frío. Parqueo profundo o parcial. Sobre carpeta																		
DEPRESION	Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.	Altura Deprimida entre 13.0 a 25.0 mm.	Altura Deprimida entre 25.0 a 51.0 mm.	Altura Deprimida más de 51.0 mm.	Se mide en metros cuadrados del área afectada.	No se hace nada	Parqueo superficial, parcial o profundo.	Parqueo superficial, parcial o profundo.																		
HUECOS	Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.	<table><tr><th rowspan="2">PROFUNDIDAD D MAXIMA</th><th colspan="3">DIAMETRO MEDIO</th></tr><tr><th>102 - 203mm</th><th>203 - 457mm</th><th>457 - 762mm</th></tr><tr><td>1.7 - 25.4mm</td><td>L</td><td>L</td><td>M</td></tr><tr><td>25.4 - 50.8mm</td><td>L</td><td>M</td><td>H</td></tr><tr><td>&gt; 50.8mm</td><td>M</td><td>M</td><td>H</td></tr></table>			PROFUNDIDAD D MAXIMA	DIAMETRO MEDIO			102 - 203mm	203 - 457mm	457 - 762mm	1.7 - 25.4mm	L	L	M	25.4 - 50.8mm	L	M	H	> 50.8mm	M	M	H	Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.	No se hace nada. Parqueo parcial o profundo.	Parqueo parcial o profundo.
PROFUNDIDAD D MAXIMA	DIAMETRO MEDIO																									
	102 - 203mm	203 - 457mm	457 - 762mm																							
1.7 - 25.4mm	L	L	M																							
25.4 - 50.8mm	L	M	H																							
> 50.8mm	M	M	H																							
AHUELLAMIENTO	El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.	Depresion superficial entre 6.0 a 13.0 mm.	Depresion superficial entre 13.0 mm a 25.0 mm	Depresion superficial mayor 25.0 mm	El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.	No se hace nada. Fresado o sobre carpeta.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado o sobre carpeta.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado o sobre carpeta.																		
DESPLAZAMIENTO	El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.	No se hace nada. Fresado.	Fresado. Parqueo parcial o profundo.	Fresado. Parqueo parcial o profundo.																		
HINCHAMIENTO	El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.																		

Tabla N° 12 Descripción de fallas estructurales

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [67] [72] [73] [69] [28] [49]



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

EXUDACION	La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.	La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.	La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.	La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.	Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.	No se hace nada	Se aplica arena / agregados y compactación. Lavado	Se aplica arena / agregados y compactación (precalentando si fuera necesario). Lavado
CORRUGACIÓN	La corrugación es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.	Se mide en metros cuadrados de área afectada.	No se hace nada.	Reconstrucción.	Reconstrucción.
GRIETA DE BORDE	Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse)	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde	La grieta de borde se mide en metros lineales.	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.	Parcheo parcial – profundo
GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA	Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica contruidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante)	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada)	La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm	Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.	Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta
DESNIVEL CARRIL / BERMA	El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.	La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.	El desnivel carril / berma se miden en metros lineales.	Re nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
GIERTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: 1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida. 2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura. 3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.	: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.	Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm	Sellado de grietas	Sellado de grietas. Parcheo parcial.
PARCHEO	Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.	El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.	Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento	No se hace nada	No se hace nada. Sustitución del parche	Sustitución del parche.
PULIMIENTO DE AGREGADOS	Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto			Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Fresado y sobre carpeta.		
CRUCE DE VIA FERREA	Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta	El área del cruce se mide en metros cuadrados de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.	No se hace nada	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce
GRIETAS PARABOLICAS	Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.	Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.	El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.	No se hace nada. Parcheo parcial.	Parcheo parcial.	Parcheo parcial.
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.	Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la anchura del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.	La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Tabla N° 13 Descripción de fallas superficiales

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [67] [72] [73] [69] [28] [49]





### ***Método VIZIR***

La metodología de auscultación francesa VIZIR es un sistema de por medio del cual se puede calificar la condición superficial de los pavimentos flexibles. Este sistema se caracteriza por dar una clasificación inicial de dos tipos de daños Tipo A: daños estructurales y Tipo B: funcionales. Como resultado de esta evaluación la cual se desarrolla en campo o en oficina mediante el equipo de cámaras, se determina el (IS) Índice de deterioro superficial el cual corresponde a un valor adimensional, que se calcula a partir de sectorizar los tramos de vía por áreas y analizar su estado.

A continuación se relaciona el procedimiento para realizar la evaluación de un pavimento por la metodología VIZIR, lo anterior conforme a lo establecido a la Guía de Rehabilitación de Pavimentos [74].

1. Se deben establecer la metodología (auscultación en campo o mediante equipo de grabación), teniendo énfasis en la experticia y capacidad del personal que elabora los respectivos informes.
2. El personal técnico de inspección visual deberá tener la capacidad para distinguir los daños Tipo A o B, para posteriormente identificar el tipo de daño específico y la causa que lo origina. A continuación se muestra la Tabla N° 14 donde se evidencia la categoría del daño y la clasificación del mismo, para mayor información se puede consultar la Tabla N° 12 - Tabla N° 13 donde se explica cada uno de los tipos de daños de una manera general o más detalladamente en los Anexos 4.5.1 al 4.5.20 preparados para el presente documento.





	CATEGORIA	DAÑO
TIPOA	AHUELLAMIENTOS Y OTRAS DEFORMACIONES	AHUELLAMIENTO DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS TRANSVERSALES
	FISURAS	FISURA LONGITUDINAL POR FATIGA FISURAS PIEL DE COCODRILO
	BACHEOS Y PARCHEOS	BACHEO
TIPOB	FISURAS	FISURA LONGITUDINAL DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN FISURA TRANSVERSAL DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN FISURA DE CONTRACCIÓN TÉRMICA FISURA PARABÓLICA FISURA DE BORDE
		DEFORMACIÓN
		OJOS DE PESCADO PÉRDIDA DE PELÍCULA LIGANTE PÉRDIDA DE AGREGADO DESCASCAMIENTO
		PULIMIENTO DEL AGREGADO EXUDACIÓN AFLORAMIENTO DEL MORTERO AFLORAMIENTO DEL AGUA
		DESINTEGRACIÓN DE LOS BORDES DE PAVIMENTO ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA EROSIÓN DE BERMAS SEGREGACIÓN
	OTROS DETERIOROS	

Tabla N° 14 Categoría y clasificación de daños metodología VIZIR

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [74] [75] [76]

3. Determinar la gravedad del Daño: Los niveles de gravedad se determinan dependiendo del deterioro según la

4. Tabla N° 15 - Tabla N° 16.

DETERIORO		NIVELES DE SEVERIDAD		
		1	2	3
AHUELLAMIENTOS Y OTRAS DEFORMACIONES	AHUELLAMIENTO	SENSIBLE AL USUARIO, PERO POCO IMPORTANTE.	DEFORMACIONES IMPORTANTES, HUNDIMIENTOS LOCALIZADOS O HUELLAMIENTOS	DEFORMACIONES QUE AFECTA DE MANERA IMPORTANTE LA COMODIDAD Y SEGURIDAD DE LOS USUARIOS.
	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES			
	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS TRANSVERSALES			
		FLECHA < 20mm	20mm ≤ FLECHA ≤ 40mm	FLECHA ≥ 40mm
FISURAS	FISURA LONGITUDINAL POR FATIGA	FISURAS FINAS EN LA BANDA DE RODAMIENTO	FISURAS ABIERTAS Y A MENUDO RAMIFICADAS	FISURAS MUY RAMIFICADAS Y/O ABIERTAS (GRIETAS), BORDES DE FISURA OCASIONALMENTE DEGRADADOS.
	FISURAS PIEL DE COCODRILO			
		PIEL DE COCODRILO FORMADA POR MALLAS GRANDES (> 500mm) CON PERDIDAS OCASIONALES DE FISURACIÓN FINA, SIN PERDIDA DE MATERIALES.	MALLAS MÁS DENSAS (<500 mm), CON PERDIDAS OCASIONALES DE MATERIALES, DESPRENDIMIENTOS Y OJOS DE PESCADO EN FORMACIÓN.	MALLAS CON GRIETAS MUY ABIERTAS Y CON FRAGMENTOS SEPARADOS. LAS MALLAS SON MUY DENSAS (200mm), CON PERDIDA OCASIONAL O GENERALIZADA DE MATERIALES.
BACHEOS Y PARCHEOS	BACHEO	INTERVENCIÓN DE SUPERFICIE LIGADA A DETERIOROS DEL TIPO B	INTERVENCIÓNES LIGADAS A DETERIOROS DEL TIPO A	
			COMPORTAMIENTO SATISFACTORIO DE LA REPARACIÓN	OCCURRENCIA DE FALLAS EN LA ZONA REPARADA.

Tabla N° 15 Niveles de gravedad según fallas tipo A

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [74] [75]

DETERIORO			NIVELES DE SEVERIDAD								
			1		2		3				
FISURAS	FISURA LONGITUDINAL DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN		FINA Y ÚNICA	ANCHA (10 mm O MÁS) SIN DESPRENDIMIENTO FINA RAMIFICADA		ANCHA CON DESPRENDIMIENTOS O RAMIFICADA					
	FISURA TRANSVERSAL DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN										
	FISURA DE CONTRACCIÓN TÉRMICA		FISURAS FINAS	ANCHAS SIN DESPRENDIMIENTOS O FINAS CON DESPRENDIMIENTOS O FISURAS RAMIFICADAS		ANCHA CON DESPRENDIMIENTOS					
	FISURA PARABÓLICA FISURA DE BORDE		FISURAS FINAS	ANCHAS SIN DESPRENDIMIENTOS		ANCHA CON DESPRENDIMIENTOS					
DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN- ABULTAMIENTOS		F < 20mm	20mm ≤ F ≤ 40mm		F > 40mm					
DESPRENDIMIENTOS	CICLOS DE PESCADO (POR CADA 100m)		CANTIDAD		< 5		5 A 10		> 1	5 A 10	
			DIÁMETRO				≤ 300		≤ 1000		≤ 300
	PERDIDA DE PELÍCULA LIGANTE		PERDIDAS AISLADAS		PERDIDAS CONTINUAS		PERDIDAS GENERALIZADAS Y MUY MARCADAS				
	PERDIDA DE AGREGADO										
	DESCASCARAMIENTO		PROFUNDIDAD (mm)		≤ 25		≤ 25		> 25		
		ÁREA (m²)		≤ 0.8		> 0.8		≤ 0.8		> 0.8	
AFLORAMIENTOS	PULIMENTO DEL AGREGADO		NO SE DEFINEN NIVELES DE GRAVEDAD								
	EXUDACIÓN		PUNTUAL		CONTINUA SOBRE LA BANDA DEL PAVIMENTO		CONTINUA Y MARCADA				
	AFLORAMIENTO DEL MORTERO AFLORAMIENTO DEL AGUA		LOCALIZADOS Y APENAS PERCEPTIBLES		INTENSOS		MUY INTENSOS				
OTROS DETERIOROS	DESINTEGRACIÓN DE LOS BORDES DE PAVIMENTO		INICIO DE LA DESINTEGRACIÓN		LA CALZADA HA SIDO AFECTADA EN UN ANCHO DE 500mm O MÁS		EROSIÓN EXTREMA QUE CONDUCE A LA DESAPARICIÓN DEL REVESTIMIENTO ASFALTICO				
	ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA		DESNIVEL DE 10 A 50mm		DESNIVEL ENTRE 50 Y 100mm		DESNIVEL SUPERIOR A 100mm				
	EROSIÓN DE BERMAS		EROSIÓN INSIPIENTE		EROSIÓN PROFUNDA		LA EROSIÓN PONE EN PELIGRO LA ESTABILIDAD DE LA CALZADA Y SEGURIDAD DE LOS USUARIOS				
	SEGREGACIÓN		LONGITUD COMPROMETIDA < 10% DE LA SECCIÓN (100m)		10% ≤ LONGITUD COMPROMETIDA < 50%		LONGITUD COMPROMETIDA ≥ 50%				

**Tabla N° 16 Niveles de gravedad según fallas tipo B**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [74] [75]

Posteriormente, se procesa la información de manera tal que se obtengan un promedio ponderado (G) de la condición del pavimento asfáltico, y se realiza la aproximación según la Tabla N° 17 de la siguiente manera [74] [75]:

APROXIMACIÓN GRADO DE DETERIORO		
SI $G = 1.5$	SE TOMA	1
SI $1.5 \leq G < 2.5$		2
SI $G \geq 2.5$		3

**Tabla N° 17 Niveles de aproximación del grado de deterioro**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [74] [75]

Una vez realizado este procedimiento se define el nivel de gravedad del daño.

5. DETERMINAR LA EXTENSIÓN DEL DAÑO: Para cada nivel de severidad se determina la longitud del tramo y se pondera esta suma.
6. ÍNDICE DE CORRECCIÓN: esta metodología contempla la corrección por reparación, la cual se debe establecer una vez se tenga el primer índice de deterioro.



En la Tabla N° 18 se puede apreciar las distintas tablas que se utilizan en la determinación de índice de Deterioro Is.

INDICE DE FISURACIÓN (If)				INDICE DE DEFORMACIÓN (Id)			
RESUMEN							
GRAVEDAD	EXTENSIÓN			GRAVEDAD	EXTENSIÓN		
	0 - 10%	10 - 50%	> 50%		0 - 10%	10 - 50%	> 50%
1	1	2	3	1	1	2	3
2	2	3	4	2	2	3	4
3	3	4	5	3	3	4	5

		Id / If	INDICE DE FISURACIÓN (If)			
			0	1 - 2	3	4 - 5
PRIMERA CLASIFICACIÓN DE ÍNDICE DE DETERIORO	0		1	2	3	4
	1		3	3	4	5
	2		3	3	4	5
	3		4	5	5	6
	4		5	6	7	7
	5		5	6	7	7

		GRAVEDAD	EXTENSIÓN		
			0 - 10%	10 - 50%	> 50%
CORRECCIÓN POR REPARACIÓN	1		0	0	0
	2		0	0	1
	3		0	-	1

CLASIFICACIÓN	RANGO (Is)
BUENO	0 - 3
REGULAR	3 - 5
MALO	5 - 7

Tabla N° 18 Clasificación estado de la vía según metodología VIZIR

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [74] [75]

***Método IRI (International Roughness Index)***

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicaran las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva.

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/h. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc. Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino. El IRI sirve como estándar para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de un camino.

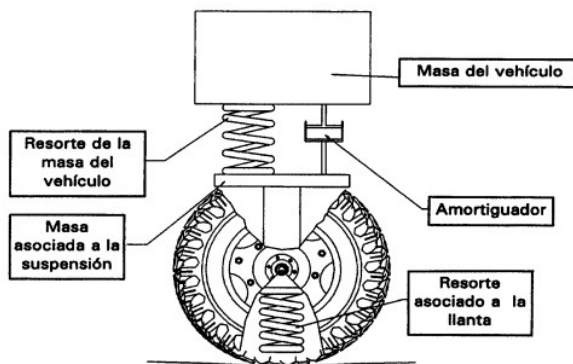
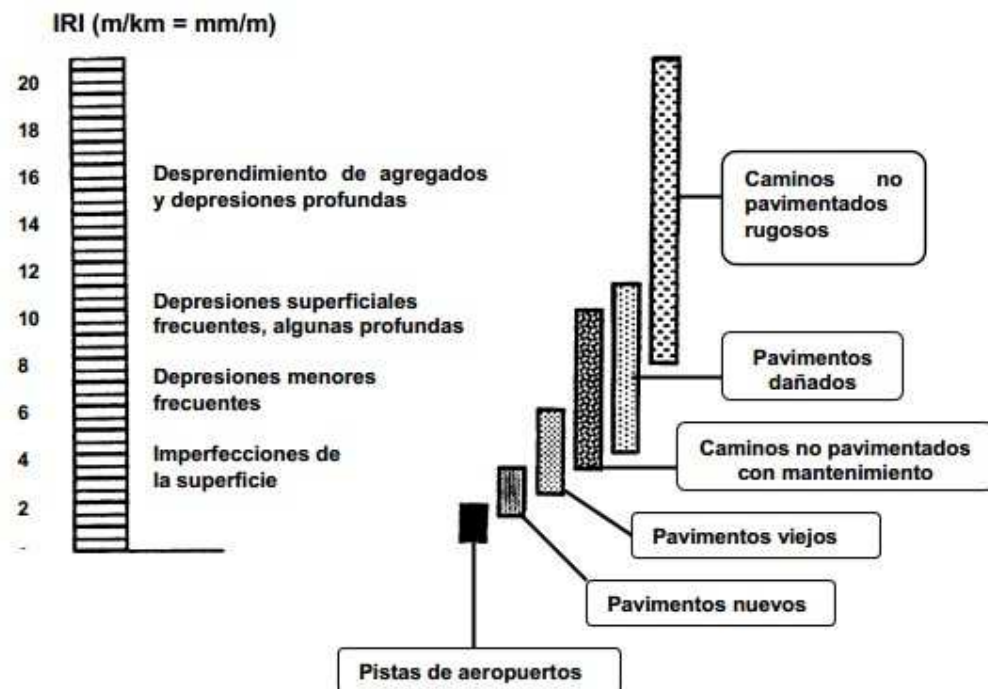


Ilustración N° 11 Modelo cuarto de milla

El modelo de Cuarto de Carro utilizado en el algoritmo del IRI debe su nombre a que implica la cuarta parte de un vehículo. El modelo se representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada muestra en Ilustración N° 11; que incluye una rueda por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda [77].

La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros. A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad; si se realiza un programa de evaluación anual en esos mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo [78].

En la Ilustración N° 12 se aprecia los rangos del IRI para diferentes condiciones del camino



**Ilustración N° 12 Rango aproximado de IRI para distintos tipos de camino**

Fuente: En base a varia documentación recogida e investigada [77] [79]

A continuación en la Tabla N° 19 se presenta el rango utilizado por este método para la clasificación del estado del camino

CLASIFICACION	IRI
MUY BUENO	0-2
BUENO	2-4
REGULAR	4-6
MALO	6-8



**Tabla N° 19 Clasificación del estado superficial de la vía metodología IRI**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [77] [79]

Un método común de uso aunque muy subjetivo es la apreciación del IRI a partir de la velocidad de circulación de un vehículo, en la Tabla N° 20 se puede apreciar esta clasificación.

DESCRIPCION DE LA COMODIDAD PARA LA CIRCULACION	IRI
	(m/km)
VELOCIDAD > 120 Km/ h	< 2.5
ONDULACIONES APENAS PERCEPTIBLES A 80 Km/h, EN EL RANGO DE IRI DE 1.3 A 1.8. NO HAY ABULTAMIENTOS, NI OJOS DE PESCADO. DEPRECIONES < 2mm/3m. MEZCLA ASFALTICA O TRATAMIENTO ASFALTICO DE ALTA CALIDAD	
VELOCIDAD > 100 - 120 Km/ h	4.0 - 5.5
PERCEPCION DE MOMENTO MODERADOS Y ONDULACIONES SUAVES A 80 Km/h. DEPRECIONES, PARCHES Y OJOS DE PESCADO OCASIONALES (5 - 15mm / 3m; CON FRECUENCIA DE 1 A 2 CADA 50m). DESPRENDIEMENTOS POCO PROFUNDOS. SUPERFICIE CON ONDULACIONES AMPLIAS Y ABULTAMIENTOS MODERADOS	
VELOCIDAD > 70 - 90 Km/ h	7.0 - 8.0
MOMIENTOS FUERTES Y BALANCEO DEL VEHICULO. DEPRESIONES Y PARCHES FRECUENTES PERO DE MODERADA MAGNITUD (15 - 20mm / 3m). OJOS DE PESCADO OCASIONALES (1 A 3 EN 50m). SUPERFICIE CON ONDULACIONES Y ABULTAMIENTOS FUERTES.	
VELOCIDAD > 50 - 60 Km/ h	9.0 - 10.0
MOMIENTOS REPENTINOS FRECUENTES Y BALANCEOS, ASOCIADOS CON DEFECTOS GRAVES COMO DEPRECIONES PROFUNDAS (20 - 40mm / 3m) Y FRECUENTES (6 - 20 / 100m) U OJOS DE PESCADO (4 - 6 / 50m)	
VELOCIDAD < 50 Km/ h	11.0 - 12.0
DEPRESIONES Y OJOS DE PESCADO FRECUENTES Y PROFUNDOS (40 - 80mm) CON FRECUENCIAS DE 10 - 20 / 50m	

**Tabla N° 20 Estimación del IRI en función de la velocidad de circulación**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [77] [79]

### ***Método PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating)***

El método PASER, desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. La evaluación responde a los estándares con los que han sido diseñados los otros métodos [80].

En el sistema de evaluación superficial con el manual PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación según su catálogo de fallas, en la Tabla N° 21 se aprecia una información generalizada para la utilización de este método.

EDAD DE LA SUPERFICIE	FALLAS VISIBLES	ESTADO GENERAL, DRENAJE Y MEJORAS	CLASIFICACION DE LA SUPERFICIE	
1 año	No hay Peligro. Excelente superficie.	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere mantenimiento.	5	EXCELENTE
2 - 4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie.	Excelente a buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4	BUENO
3 - 5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado.	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario insituo mejoras de drenaje y bacheo. Es recomendado mantenimiento preventivo	3	REGULAR
5 - 10 años	Se aprecian las grietas de borde y parches. Aparición de Baches y pérdidas significativas de la superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de bacheo y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado.	2	POBRE
> 10 años	Gran pérdida de superficie de rodadura, agrietamiento severo y/o grietas de cocodrilo, parches en mal estado.	Mal drenaje, extensa base de las necesidades de una mejora en la capa de rodamiento	1	FALLADO

**Tabla N° 21 Estado del pavimento método PASER**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [80] [76]

#### • **Índice de servicio presente (PSI)**

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1 como se puede apreciar en la Tabla N° 22 [81]:



INDICE DE SERVICIALIDAD (PSI)	CALIFICACIÓN	DESCRIPCION
5 - 4	MUY BUENA	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recapeados durante el año de inspección, normalmente se clasifican como muy buenos.
4 - 3	BUENA	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los ~Muy Buenos~, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria.
3 - 2	REGULAR	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales pueden incluir ahuellamiento, parches, agrietamientos.
2 - 1	MALA	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie.
1 - 0	MUY MALA	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

**Tabla N° 22 Estado de servicialidad según índice de servicio presente**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [82] [83]

Actualmente, una evaluación más objetiva de este índice se realiza mediante una ecuación matemática basada en la inventariación de fallas del pavimento [83]:

$$PSI = 5.03 - 1.91 * \log[1 + S_v] - 0.01[C_f + P]^{0.5} - 1.38 \times RD^2$$

Ecuación N° 3

$S_v$ : Variación de las cotas de la rasante en sentido longitudinal en relación a la rasante inicial (Rugosidad en sentido longitudinal).

$C_r$ : Suma de las áreas fisuradas en pies<sup>2</sup> y de las grietas longitudinales y transversales en pies lineales, por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento.

$P$ : Área bacheada en pies<sup>2</sup> por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento.

$RD$ : Profundidad media de ahuellamiento en pulgadas. Mide la rugosidad transversal.

Existen varios autores investigadores que han generado distintos modelos para calcular el PSI con base en el IRI de una carretera. Además, los investigadores





reportaron que no existe diferencia significativa entre los modelos para cada estado y tipos de pavimentos. Algunos modelos generados son los que se muestra a continuación [84] [85]:

$$PSI = 5 + e^{(-0.18 \times IRI)}$$

Ecuación N° 4

e: Base de los logaritmos naturales.

IRI: Índice internacional de rugosidad, (m/km).

Se desarrollaron investigaciones que permitieron establecer distintos modelos de correlación matemáticos para la estimación del PSI en función del IRI, entre ellos se definieron ecuaciones donde es posible obtener modelos que correlacionen PSI e IRI con un alto grado de confianza. [84]

$$PSI = 5 - 0.2937X^4 - 1.1771X^3 - 1.4045X^2 - 1.5803 \quad R^2 = 95\%$$

$$X = \log(1 + Sv) \quad R^2 = 96.5\%$$

$$Sv = 2.2704 \times IRI^2 \quad R^2 = 98.8\%$$

Ecuación N° 5

De igual manera se señala la desarrollada por el Departamento de Transportes de Illinois, USA [86]:

$$PSI = 5e^{(-0.0041 \times IRI)}$$

Ecuación N° 6

Algunas agencias de Estados Unidos en Indiana, Lousiana, Michigan, Nuevo México y Ohio han desarrollado ecuaciones de correlación entre los CPI (consideración de la idoneidad estructural) y los indicadores de rugosidad IRI (consideración de costos para el usuario), entre estas correlaciones se puede citar [85]:

$$PSI = 9.577 - 4.394 \left[ \log \left( \frac{IRI}{5.9597} \right) \right]$$

$$PSI = 5[e^{-0.00286 \times IRI}]$$

$$PSI = 7.10 - 2.19(IRI^{0.5})$$

Ecuación N° 7

Otra, es la referida por [87] Gillespie para IRI de hasta 4.7 m/km

$$PSI = 5 - 0.633 \times IRI$$

Ecuación N° 8

- **Modelos de deterioro**

Los principales deterioros modelizados para los pavimentos son [88]:

- Roturas (fisuras, grietas, cuarteos en malla gruesa, piel de cocodrilo)
- Deformaciones (transversales y longitudinales).
- Desprendimientos, (peladuras y baches)
- Regularidad superficial (coeficiente de rozamiento y textura inadecuada)

La gran cantidad de modelos para predecir el deterioro de los pavimentos obligan a agruparlos en categorías según las bases utilizadas para su creación [24].

**MÉTODOS PROBABILÍSTICOS:** Basan la predicción de sus resultados en funciones de probabilidad dentro de un rango de resultados.

**MODELOS DETERMINISTAS:** Los resultados vienen dados por un valor resultado de la aplicación de una fórmula matemática, se consideran dos tipos:

- **MODELOS MECANICISTAS.** Están basados en el conocimiento de los esfuerzos sufridos por el material utilizando teorías de su comportamiento.
- **MODELOS EMPÍRICOS.** Están desarrollados a partir de observaciones directas del deterioro del material. Mediante técnicas estadísticas se relacionan estas observaciones con las fórmulas matemáticas que predicen su deterioro.

- **Modelos de agrietamiento**

Los agrietamientos o roturas superficiales en los firmes bituminosos pueden presentarse de muchas formas (fisuras, grietas, cuarteos en malla gruesa, piel de cocodrilo). Su aparición indica la existencia de un fallo que si no se corrige a tiempo en su evolución dará lugar a otros deterioros como son los baches. Los modelos de agrietamientos se dividen en dos partes, una que intenta predecir su inicio y otra que predice su propagación, y se descomponen en submodelos según sea la causa de agrietamientos (fatiga, reflexión o tensiones térmicas). Estos submodelos son [24]:

- A. Agrietamiento estructural
- B. Agrietamiento por condiciones térmicas
- C. Agrietamiento por reflexión

**A.1. Inicio del agrietamiento estructural**

Como modelo de inicio para este deterioro se muestra la siguiente expresión en el modelo HDM-4 [24]:

$$IC = CDS^2 * a_0 * e^{(a_1 * SNC + a_2 * \frac{YE4}{SNC^2})}$$

Ecuación N° 9

IC: tiempo hasta el inicio de las primeras grietas

ao, a1, a2: parámetros de calibración

SNC: número estructural modificado

YE4: número de ejes equivalentes al año

CDS: indicador de defectos de construcción.

### A.2. Evolución del agrietamiento estructural

La evolución de agrietamiento superficial se suele dar como incremento anual del área de agrietamiento ( $\Delta ACA$ ). Ésta se calcula comparando el área agrietada al final del año de análisis con el área inicialmente agrietada al principio del año ( $ACA_a$ ) [24].

$$\Delta ACA = Kcp * \left( \frac{CRP}{CDS} \right) * Za * (Za * a_0 * a_1 * a_2 \dots + SCA^{a_1})^{a_1} - SCA$$

Ecuación N° 10

dónde:

Si  $ACA_0 \geq 50$  entonces  $Za = -1$ , de otra forma  $Za = 1$

$SCA = \text{MIN} [ACA_a, (100 - ACA_a)]$

CRP: coeficiente de retardo de la progresión de las grietas debido a una actuación de mantenimiento.

Kcp: factor de calibración de los agrietamientos estructurales.

La progresión de todos los agrietamientos estructurales comienza cuando  $ACA_a > 0$ .

### B.1. Inicio de agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas

Este tipo de agrietamiento encuentra su origen como consecuencia de las oscilaciones térmicas. El modelo HDM-4 lo expresa en número de grietas por kilómetro. Utiliza una variable térmica constante (CCT) para predecir el inicio de los agrietamientos dependiendo de la zona climática en la que se encuentre. También propone un número máximo de grietas termales (NCTeq) por kilómetro de carretera y el tipo necesario (Teq) para alcanzar este nivel de agrietamiento [24].

En el modelo de inicio de los agrietamientos transversales por condiciones térmicas presenta una diferencia entre el inicio de este tipo de grietas en las carreteras

originales y en la que se han efectuado actuaciones de rehabilitación. La relación para predecir el tiempo de inicio, ICT, en años es la siguiente [24]:

- Si HSOLD = 0 (carreteras originales):

$$ICT = K_{cit} * \max(1, (CDS) * (CCT))$$

Ecuación N° 11

- Si HSOLD > 0 (tras ejercer una actuación de rehabilitación, por ejemplo un refuerzo)

$$ICT = K_{cit} * CDS * (CCT - 1 + 0.02 * HSNEW)$$

Ecuación N° 12

HSOLD: grosor de la antigua capa superficial, en mm.

ICT: tiempo de inicio de los agrietamientos transversales por condiciones térmicas, en años.

CCT: Coeficiente del agrietamiento termal.

HSNEW: grosor de la actual capa superficial, en mm.

CDS: Indicador de defectos de construcción para superficies bituminosas.

Kcit: Factor de calibración para el inicio del agrietamiento termal.

### B.2. Desarrollo del agrietamiento transversal debido a las condiciones térmicas

Como en el modelo inicial, aquí también se diferencia entre las carreteras originales y las que han sufrido actuaciones de rehabilitación [24].

- Si HSOLD = 0 (carreteras originales)

$$\Delta NCT = K_{cpt} * \left(\frac{1}{CDS}\right) * \max\left\{0, \min\left[(NCTeq - NCTa), \left(2 * NCTeq * \left(\frac{AGE3 - ITC - 0.5}{Teq^2}\right)\right)\right]\right\}$$

Ecuación N° 13

- Si HSOLD > 0 (Tras ejercer una actuación de rehabilitación)

$$\Delta NCT = K_{cpt} * \left(\frac{1}{CDS}\right) * \min\left((NCTeq - NCTa); \max\left[\min((a3 * PNCT); (PNCT - NCTa)) * \left\{2 * NCTeq * \left(\frac{AGE3 - IT - 0.5}{Teq^2}\right)\right\}; 0\right]\right)$$

Ecuación N° 14

$\Delta NCT$ : Incremento del agrietamiento termal durante un año de análisis, en n°/km.



PNCT: número de grietas transversales por condiciones térmicas antes del último tratamiento superficial o refuerzo, en n°/km.

NCTa : Número de grietas debidas a las condiciones termales al principio del año de análisis n°/km

Teq: tiempo desde el inicio hasta alcanzar el máximo de grietas termales, en años.

AGE3: tiempo desde el último tratamiento superficial o refuerzo, en años.

Kcpt: factor de calibración de la progresión del agrietamiento termal.

NCTeq: número máximo de grietas termales por kilómetro de carretera

a3: factores de calibración

### C.1. Inicio y progresión del agrietamiento por reflexión

En este último caso, el agrietamiento viene provocado por los deterioros producidos en las capa inferiores. No existen modelos totalmente satisfactorios que reproduzcan el inicio y la evolución de este deterioro.

La propagación de los agrietamientos transversales por reflexión, viene marcada por el número de grietas, por su longitud y por su grado de desarrollo. Cuando este tipo de agrietamientos aparece por primera vez en la superficie de la carretera no suelen expandirse a lo largo de todo el carril, sino que se van desarrollando de manera paulatina con el paso de tiempo y del tráfico soportado por la carretera objeto de análisis. La longitud del agrietamiento por reflexión se calcula de la siguiente manera [24]:

$$SRTC = SRTC_{low} + SRTC_{moderate} + SRTC_{high}$$

Ecuación N° 15

SRTC: agrietamiento transversal

SRTC<sub>low</sub>, SRTC<sub>moderate</sub>, SRTC<sub>high</sub>: niveles de desarrollo de los diferentes tipos de agrietamientos.

- **Modelos de peladuras**

Las peladuras suponen la desintegración paulatina de la capa superior del firme a causa de la climatología y la abrasión el tráfico. Su aparición varía considerablemente dependiendo del sistema de construcción empleado, de las especificaciones técnicas exigidas de los materiales disponibles. Aunque este tipo de deterioro parece afectar al aspecto superficial y no estructura de la carretera, no se

debe dejar en el olvido ya que puede ser el origen de futuros baches y éstos si afectarían a su estructura.

### **D1. Modelo de iniciación de las peladuras**

Se ajusta a la siguiente expresión [24]:

$$IRV = Kvi * CDS^2 * a_0 * e^{(-0.156*YAX)}$$

Ecuación N° 16

IRV: tiempo en años hasta la iniciación de las peladuras

Kv: factor de calibración de las peladuras iniciales.

CDS: indicador de defectos de construcción en superficies bituminosas

YAX: millones de ejes por año y carril

a0: parámetro que depende del pavimento. Su valor es 100 para mezclas bituminosas y de 10,5 a 14,1 para los tratamientos superficiales.

### **D2. Modelo de iniciación de las peladuras**

El modelo de progresión de las peladuras viene dado por la siguiente fórmula [24]:

$$\Delta ARV = \frac{Kvp}{CDS^2} * Z \left[ (1.8 * Z + SRV^3)^{1/3} - SRV \right]$$

$$SRV = MIN[(ARVa; (100 - ARVa))]$$

Ecuación N° 17

$\Delta ARV$ : cambio en el área afectada por las peladuras en tanto por ciento, en el año de análisis Si  $ARVa \geq 50$  entonces  $Z = -1$ , de otra forma  $Z = 1$

Kvp: factor de progresión de las peladuras.

- **Modelo de baches**

Este tipo de deterioro se desarrolla en la superficie de la carretera debido a pérdidas de material localizadas que con el tiempo puedan afectar a sus capas inferiores. Alguno de los factores que intervienen en dicha deformación es acumulación de agua en la superficie de la carretera, el tráfico, el estado de grietas y peladuras [89].

El modelo de baches presentado por la HDM-4 utiliza como variable los defectos de construcción de la base (CDB). Predice el número de baches tipo. La unidad de bache tipo tiene una superficie 0,1 m<sup>2</sup> y una profundidad de 0,1 m. Para cada bache se asume un volumen de 10 litros.



Se considera el inicio de un bache cuando el área de carretera supera el 20% de superficie agrietada y el 30% de peladura [24].

$$IPT = Kpt * 2 \left[ \frac{1 + 00.05 * HS}{(1 + CDB) * (1 + 0.5 * YAX) * (1 + 0.01 * MMP)} \right]$$

Ecuación N° 18

IPT: tiempo transcurrido entre la iniciación del agrietamiento o la peladura y la iniciación del bache en años.

HS: grosor del pavimento (mm)

YAX: millones de ejes por año y carril

MMP: precipitaciones mensuales (mm/mes)

Kpi: factor de calibración de los baches iniciales.

Kpt: factor de calibración de la progresión del bache.

CDB: defectos de construcción de la base

Los valores del IPT se calculan por un lado para los provenientes de agrietamientos y por otro para los derivados de peladuras

La progresión en modelo viene dada por los baches procedentes de agrietamientos, peladuras y el crecimiento de baches ya existentes. El incremento anual del número de baches se obtiene con la siguiente expresión [24]:

$$\Delta NPTi = kpp * a0 * ADISi * (TLF) * \left[ \frac{(1 + A1 * CDB)(1 + a2 * YAX)(1 + a3 * MMP)}{(1 + a4 * HS)} \right]$$

Ecuación N° 19

$\Delta NPTi$ : incremento del número de baches por km por el agotamiento del pavimento (grietas, peladuras, crecimiento de los baches ya existentes) durante el análisis de un año.

ADISi: porcentaje de área de grietas, de peladuras y de baches al inicio del análisis anual por km.

TLF: intervalo de tiempo trascurrido hasta la realización del parcheo (varía de 0,02 a 1,00)

kpp: factor de calibración de la progresión de los baches.

- **Modelos de roderas**

Este deterioro del pavimento se origina por una mala calidad de los materiales de la capa superficial, por ser una estructura inadecuada, o por la densidad y volumen del tráfico. Además, el hecho de detectar este deterioro a tiempo es importante ya que su aparición implica importantes cambios en la carretera: afectan a la tracción de los vehículos, a la seguridad (en ellas se puede acumular agua) y a la pérdida de control en la conducción (debido a las variaciones del perfil superficial del firme).

El modelo HDM-4 presenta 3 fases dentro de la formación de las roderas que depende de diversos factores: el tráfico (tipo de tráfico, volumen y velocidad), el medio ambiente (temperatura, lluvia), la estructura del pavimento (grosor y diseño) y el proceso de construcción, describe la relativa rapidez inicial de incremento de éstas en un pavimento recién construido una vez abierto el tráfico. Durante la segunda fase el índice de deformación debida a la presión tiende a estabilizarse, resultando así un incremento constante del grado de deformación con tráfico. Los desperfectos son producidos principalmente por la presión ejercida por el tráfico, la capacidad portante del pavimento y del medio ambiente. La tercera y última fase de este deterioro se caracteriza por un incremento del índice de deformación causado por los factores anteriormente enumerados.

Este proceso hace que el modelo necesite ser descompuesto en varios submodelos, que son [24] [90]:

### **E.1. Densificación y consolidación inicial de las capas inferiores.**

$$RDO = Krid \left[ 51740 * (YE4 * 10E6)^{(0.09+0.384*DEF)} * SNP^{-0.502} * COMP^{-2.30} \right]$$

Ecuación N° 20

RDO: rodera debida a la densificación inicial, en mm

YE4: millones de ejes por año y carril

DEF: deflexión media medida con la viga Belkelman, en mm

COMP: compactación relativa en tanto por ciento

Krid: factor de calibración de la densificación inicial.

SNP: número estructural ajustado del pavimento



**E.2. Contribución de la deformación estructural**

En el desarrollo del modelo de roderas de HDM-4 se analiza el hecho de que la deformación asume un progreso lineal antes de que aparezcan los primeros agrietamientos, pero que incrementa más rápidamente su índice de deterioro una vez que éstas aparecen. Teniendo en cuenta esto se tiene [24]:

Deformación estructural sin agrietamientos:

$$\Delta RDSTuc = Krst * (a0 * SNP^{a1} * YE4^{a2} * COMP^{a3})$$

Ecuación N° 21

Deformación estructural después del agrietamiento:

$$\Delta RDSTcrk = Krst * (a0 * SNP^{a1} * YE4^{a2} * MMP^{a3} * ACX^{a4})$$

Ecuación N° 22

$\Delta RDST$ : incremento total en la deformación estructural en un año, en mm

$\Delta RDSTuc$ : incremento de la rodera debido a la deformación estructural sin agrietamientos en una año de análisis, en mm

$\Delta RDSTcrk$ : incremento de la rodera debido a la deformación estructural después de la aparición de grietas en el análisis de un año, en mm.

MMP: precipitaciones mensuales significativas, en mm/mes.

ACX: área de agrietamiento indicando el principio del análisis anual, en tanto por ciento.

Krst: factor de calibración de la deformación estructural.

**E.3. Desarrollo del modelo en la deformación plástica de las capas asfálticas.**

Las causas de este deterioro vienen dadas, entre otros factores, por las altas temperatura, las cargas elevadas y el tráfico lento y canalizado. Hay que matizar que si el pavimento se encontrar en óptimas condiciones no tendría que darse este tipo de deterioros [90] [88].

$$\Delta RDPD = Krpd * CDS^3 * a0 * YE4 * Sh^{a1} * HS^{a2}$$

Ecuación N° 23

$\Delta RDPD$ : incremento de la deformación plástica sin las capas asfálticas del pavimento, en mm.

HS: espesor del pavimento, en mm

Krpd: factor de calibración de la deformación plástica.



YE4: millones de ejes por año y carril

CDS: Indicador de defectos en la construcción de superficies asfálticas

HS: espesor total de las superficies asfálticas

Sh: velocidad de los vehículos pesados

- **Modelos de regularidad superficial**

El modelo de regularidad superficial de un pavimento se basa en la actuación de diversos componentes. El HDM-4 calcula el incremento anual del IRI mediante la integración de cinco componentes: pérdida de capacidad estructural, agrietamiento, deformación permanente o roderas, baches y efectos ambientales. El incremento total de la regularidad superficial se obtiene de la suma de todos estos factores.

Según el modelo HDM-4, una vez analizando de forma aislada cada uno de los componentes que constituyen el índice de regularidad superficial (IRI), se define con la siguiente expresión [90]:

**Componente estructural**

$$\Delta RIs = a0^{(m \cdot Kgm \cdot AGE3)} (1 + SNPKb)^{-5} YE4$$

$$SNPKb = MAX[(SNPa - dSNPK); 1.5]$$

$$dNSPK = KNSPK * a0 * \{MIN(a1, ACXa) * HSNEW + MAX[MIN((ACXa - PACX); a2); 0] HSOLD\}$$

**Ecuación N° 24**

$\Delta RIs$ : incremento de la irregularidad debido a la pérdida de capacidad estructural durante el año de análisis

dSNPK :reducción en el número estructural debido al agrietamiento

SNPKb: número estructural ajustado, al final del año de análisis

SNPa: número estructural ajustado, al inicio del año de análisis

ACXa: área del agrietamiento indexado (asigna diferentes pesos al área de agrietamiento total y al área de agrietamiento ancho), al inicio del año de análisis

PACX: área del agrietamiento indexado de la capa superficial anterior

HSNEW: espesor de la carpeta más reciente

HSOLD: espesor de la carpeta o carpetas anteriores

AGE3: edad del pavimento desde la colocación de la última sobrecarpeta

YE4: número anual de ejes equivalentes

m: coeficiente del medio ambiente

Kgm: factor de calibración para el coeficiente del medio ambiente



Ksnpk: factor de calibración para SNPK

### **Componente debida al agrietamiento**

$$\Delta R_{Ic} = a_0 * \Delta ACRA$$

Ecuación N° 25

$\Delta R_{Ic}$ : incremento de la irregularidad debido al agrietamiento durante el año de análisis

$\Delta ACRA$ : incremento del área total agrietada durante el año de análisis

### **Componente debida a las roderas**

$$\Delta R_{Ir} = a_0 * \Delta RDS$$

Ecuación N° 26

$\Delta R_{Ir}$ : incremento de la irregularidad relacionado con las roderas durante el año de análisis

$\Delta RDS$ : incremento de la desviación estándar de la profundidad de roderas durante el año de análisis

### **Componente debida a baches**

$$FM = (MAX\{MIN[0.25(CW - 3); 1]; 0\}) * \left\{ MAX \left[ \left( 1 - \frac{AADT}{5000} \right); 0 \right] \right\}$$

$$\Delta I_{Rt} = a_0(A1 - FM) * \left[ \left( NPTa * TLF + \frac{\Delta NPT * TLF}{2} \right)^{a^2} - NPTa^{a^2} \right]$$

Ecuación N° 27

FM: libertad de maniobra

CW: ancho de calzada

AADT: tránsito diario promedio anual

$\Delta R_{It}$ : Incremento de la irregularidad debido a los baches durante el año de análisis

$\Delta NPT$ : incremento en el número de baches por km durante el año de análisis

$NPTa$ : número de baches por kilómetro al inicio del año de análisis

TLF: factor de tiempo debido al mantenimiento de baches

**Componente debida a efectos ambientales**

$$\Delta R_{Ie} = m * K_{gm} * R_{Ia}$$

Ecuación N° 28

$\Delta R_{Ie}$ : Incremento de la irregularidad debido a los efectos climáticos durante el año de análisis

$R_{Ia}$ : Irregularidad al inicio del año de análisis

$m$ : Coeficiente ambiental

$K_{gm}$ : Factor de calibración para el componente de efectos ambientales

El incremento total de la irregularidad del pavimento es:

$$\Delta R_I = K_{gp} (\Delta R_{Is} + \Delta R_{Ic} + \Delta R_{Ir} + \Delta R_{It}) + \Delta R_{Ie}$$

Ecuación N° 29

$\Delta R_I$ : Incremento total de la irregularidad durante el año de análisis

$K_{gp}$ : Factor de calibración para el progreso de la irregularidad

- **Modelo de la textura superficial**

La textura del pavimento es quizá la variable más importante que determina la magnitud de las fuerzas laterales y longitudinales que definen la interacción de los vehículos, con el pavimento. Una superficie tiene dos tipos de textura: microtextura y macrotextura; la primera, determina la máxima resistencia al deslizamiento que proporciona un pavimento seco; mientras que la macrotextura caracteriza la capacidad drenante de la superficie del pavimento [90].

**Macrotextura**

$$\Delta T D = K_{td} \left\{ ITD - T D a - a_0 * ITD * \log_{10} \left[ 10^{\frac{ITD - ITD a}{a_0 * ITD}} + \Delta N E L V \right] \right\}$$

Ecuación N° 30

$\Delta T D$ : variación de la textura en mm durante el análisis de un año

$ITD$ : textura inicial tras la construcción en mm

$T D a$ : textura al comienzo del análisis en mm

$\Delta N E L V$ : número de pasadas de vehículos ligeros equivalentes durante el año de análisis (un vehículo pesado equivale a diez vehículos ligeros)

$K_{td}$ : factor de calibración de la profundidad.



### Microtextura

$$\Delta SFC50 = Ksfc * (-0.663 * 10^{-4}) * MAX[0; \Delta QCV]$$

Ecuación N° 31

$\Delta SFC50$ : incremento del coeficiente de rozamiento lateral, medido a 50 km/h al final del año de análisis

$\Delta QCV$ : incremento anual de vehículos por carril y día

$Ksfc$ : factor de calibración de la adherencia.

#### • El modelo HDM-4

Es necesario incluir una breve descripción del modelo HDM4, herramienta informática que puede suplir con enorme eficacia y eficiencia, dependiendo de la capacidad económica de la entidad seccional para implementarlo, en la gestión y administración vial [91]. El sistema metodológico más sencillo que se presenta en la presente investigación tiene en el fondo los mismos conceptos utilizados en dicho programa, con las restricciones obvias en cuanto a rendimiento y precisión. *“El modelo del Banco Mundial, Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) ha sido ampliamente utilizado por consultores y organismos administradores de pavimentos para investigar las consecuencias económicas que tienen las inversiones de infraestructura vial.”* [92] La versión HDM-III (que fue liberada en 1987) sólo podía ser empleada para la evaluación de pavimentos flexibles, esto obligó al desarrollo de la versión HDM-4 que cubre esta y otras deficiencias tales como los aspectos de congestión, efectos ambientales, seguridad en el tránsito, efectos que puede tener la textura del pavimento. El sistema HDM-4 está basado en [1]:

- Fundamentos físicos y económicas interrelacionados producto de varios estudios en el tema de la conservación vial
- El impacto económico, social, técnico de los trabajos de mantenimiento de pavimentos
- En el costo de operación vehicular (VOC)
- Experiencias y conocimientos de las alternativas óptimas de conservación en países de excelencia de conservación.

El HDM-4 contempla el proceso de gestión de carreteras en cuanto a las siguientes funciones [93]:



- **PLANIFICACIÓN:** consiste en el análisis de un sistema de carreteras en su conjunto, definiéndose presupuestos a medio y largo plazo, y estimándose gastos de desarrollo y conservación de carreteras bajo distintos escenarios presupuestarios.
- **PROGRAMACIÓN:** consiste en el desarrollo de programas plurianuales de obras tanto de construcción como de conservación de tramos de la red, que generalmente están condicionados por limitaciones presupuestarias, teniendo que definirse las actuaciones a realizar en función de un análisis costo - beneficio.
- **PREPARACIÓN:** en este nivel se define en detalle cómo se llevarán a cabo los distintos tipos de obras a ejecutar sobre un tramo de carretera.
- **OPERACIÓN:** consiste en el desarrollo de las tareas definidas en los pasos anteriores, y realización de un seguimiento detallado de los trabajos realizados.

Cada una de estas funciones se realiza como una secuencia de actividades conocidas como el ciclo de gestión. Para llevar a cabo cada una de estas cuatro funciones de gestión se recomienda un análisis integrado del sistema. El ciclo proporciona una serie de pasos bien definidos que ayudan a tomar las decisiones del proceso de gestión. El ciclo de gestión se realiza típicamente una vez al año o en un período presupuestario. El proceso de gestión de carreteras en su conjunto puede, por lo tanto, considerarse como un ciclo de actividades que se realizan dentro de cada una de las funciones de gestión: Planificación, Programación, Preparación y Operación. El análisis técnico en el HDM-4 se realiza usando cuatro módulos [1] [93]:

- **DETERIORO DE LA CARRETERA (RD – ROAD DETERIORATION):** Analiza el daño futuro de la superficie del pavimento basándose en el estado actual y el tráfico futuro. El deterioro de una carretera es generalmente una función del diseño original, de los tipos de materiales, de la calidad de la construcción, del volumen del tráfico, de las características de carga de los ejes, de la geometría, de las condiciones medioambientales, de la edad del pavimento y de las políticas de conservación definidas. HDM-4 incluye relaciones para la modelización de deterioro de la carretera y efectos de los trabajos de la carretera. El módulo de deterioro se utiliza con el propósito de predecir condiciones anuales de la carretera y para la evaluación de estrategias de trabajos, es decir, estima la evolución del



deterioro de los pavimentos a futuro, permitiendo establecer planes de conservación que optimicen los recursos disponibles y minimicen los costos de operación de la red.

- **EFFECTOS DE LAS OBRAS (WE - WORK EFFECTS):** El sistema HDM-4 incluye relaciones para la modelización del deterioro de la carretera y de los efectos de los trabajos. El módulo se usa para estimar la fuente de financiación de la administración de la carretera necesaria para el desarrollo y conservación de la misma. Estas necesidades se expresan en términos de cantidades físicas y costos monetarios de los trabajos que se realizarán. Describe los tipos de trabajo y sus efectos en los pavimentos, incluyendo el cálculo de sus cantidades físicas y sus correspondientes costos. Los trabajos se agrupan en las siguientes clases:
  - Conservación rutinaria
  - Conservación periódica
  - Trabajos especiales
  - Trabajos de mejora
  - Trabajos de construcción
- **EFFECTOS PARA LOS USUARIOS (RUE – ROAD USER EFFECTS):** Se calculan los costos de operación de los vehículos tanto en las condiciones sin conservación y con conservación y los impactos sociales que se producen. La modelización de los efectos sobre los usuarios en HDM-4 comprende el análisis de lo siguiente:
  - Velocidad del vehículo motorizado
  - Costos de su circulación
  - Tiempo de trayecto
  - Velocidad del transporte no motorizado
  - Costos de circulación
  - Seguridad en la carretera

El módulo determina los costos totales sobre los usuarios de la carretera, los cuales comprenden:

- Costos de la circulación de vehículos de transporte motorizado TM
- Costos del tiempo de trayecto del TM
- Costos de la circulación de vehículos de transporte no motorizado TNM
- Costos de los accidentes



- EFECTOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES (SEE - SOCIAL AND ENVIRONMENT EFFECTS): Este módulo está ligado directamente con el cálculo de las emisiones de gases y consumos energía de los vehículos en ambas situaciones Con Proyecto y Sin Proyecto. Los modelos evalúan separadamente el consumo global y nacional de energía no renovable usada por vehículos motorizados, el consumo de energía renovable usada por los vehículos no motorizados y la energía usada en los trabajos de la carretera. Respecto a la parte medioambiental, el modelo analiza las emisiones junto con los parámetros predefinidos para los tipos de vehículos estándar.
- ANÁLISIS ECONÓMICO. Adicionalmente, el HDM-4 realiza un análisis económico de alternativas mediante el análisis de los flujos de costos anuales calculados para cada uno de los componentes, los cuales se comparan para determinar los beneficios y los costos asociados a la inversión de la carretera. Con este módulo se determinan los beneficios y costos asociados a la inversión y se aplica el análisis económico y los procedimientos de optimización con el fin de dar el mejor uso a los recursos existentes.

Mediante el uso adecuado del Programa se puede determinar, calcular y obtener:

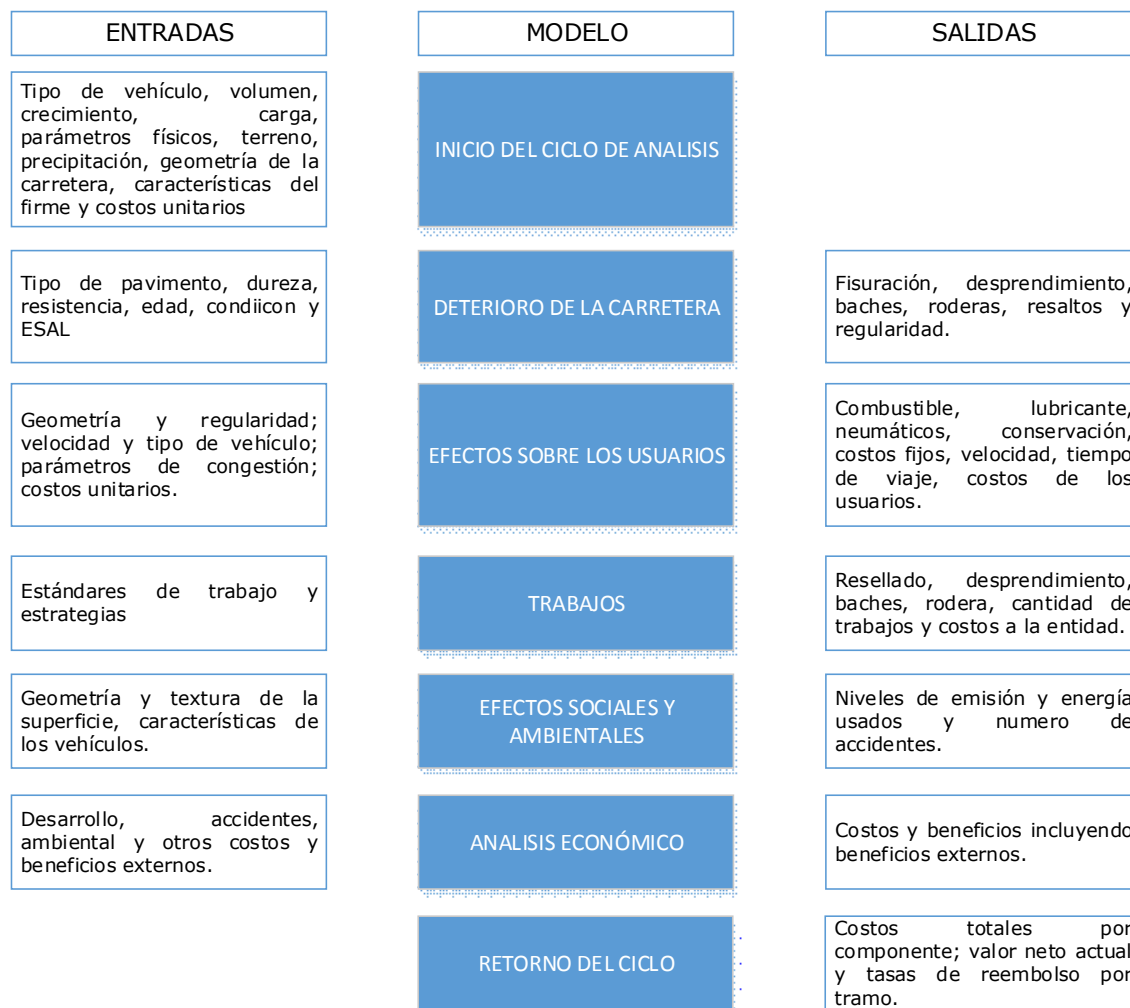
- Ciclo de evaluación, comportamiento y estado de deterioro de la vía.
- Tramificación de la vía.
- La alternativa o estrategia de conservación más adecuada según el periodo de evaluación.
- Las condiciones de las carreteras actuales y futuras.
- Los recursos necesarios para una óptima preservación de la vía
- Estimación de los Costos de Operación Vehicular
- Estimación de las cantidades de obra necesarias para la conservación vial.
- Determinación de los costos económicos de cada Estrategia de Intervención.

*“El Modelo HDM-4 es una importante herramienta de análisis para la evaluación técnica y económica de Inversiones en construcción y conservación de redes de carreteras. Sucesor reciente del HDM-III presenta importantes novedades y mejoras respecto a la versión anterior que le hacen aplicable a redes de carreteras de cualquier nivel de tráfico.” [94]*



HDM-4 se conoce por ser un programa de análisis que ayuda a la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, esta herramienta ayuda a evaluar técnica y económicamente todo el proceso de construcción, mejoramiento y decisiones de inversión de carreteras.

En la Ilustración N° 13 se puede apreciar los diferentes módulos que componen el hdm4 y los respectivos datos de entrada y las salidas generadas por el programa.



**Ilustración N° 13 Módulos del HDM4**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a [93]

### 2.3.6.3. Criterios de acción

- **Umbral de actuación**

Establecer umbrales de actuación consiste en definir los límites a partir de los cuales se debe materializar alguna acción de conservación.

La programación de la intervención vial debe enfocarse a que sea socialmente beneficiosa, política e institucionalmente válida, económicamente viable, técnicamente apropiada y ambientalmente sostenible [95].

El procedimiento para lograr la priorización de vías implica necesariamente la comparación entre varias alternativas y toma de decisiones. Con esta idea efectuar la comparación requiere contrastar elementos o las variables relevantes que caractericen a las diferentes vías.

- **Indicadores de conservación**

Un indicador es un número, generalmente adimensional, comprendido entre una escala (casi siempre entre 0 y 100), que indica el nivel o el estado de algún aspecto de la carretera (servicio prestado, elemento de la carretera, satisfacción de los usuarios, afección al medio ambiente, etc.)

Existen muchos tipos de indicadores y según las necesidades del órgano gestor de la carretera pueden definirse otros a medida como los expuestos en la Tabla N° 23. No obstante, en una primera clasificación se pueden distinguir cuatro grupos [96]:

- **Indicadores operacionales**

Generalmente relacionados con el nivel de un servicio prestado. En este documento son llamados también indicadores del nivel de servicio.

Los indicadores operacionales (indicadores de nivel de servicio) indican el nivel de calidad de la prestación del servicio a que se refieren. Sirven de ayuda para analizar la estructura de los equipos de vialidad, el funcionamiento de estos o la suficiencia o carencias de los medios dispuestos.

- **Indicadores estructurales**

Generalmente relacionados con el estado de los elementos de la carretera. En este documento son llamados también indicadores o índices de estado de los elementos. Los indicadores estructurales simples (índices de estado de los elementos) sirven para programar operaciones de conservación, en el marco de los sistemas de gestión.

Los indicadores estructurales combinados, aplicados a un tramo de carretera (indicadores de calidad) sirven para analizar el estado de la carretera y su evolución en el tiempo (lo que permite determinar suficiencia o carencia de medios o la

necesidad de llevar a cabo otro tipo de actuaciones) y para comparar el nivel de calidad entre varios tramos.

Fundamentalmente, se trata de indicadores globales que orientan decisiones políticas de los órganos de gestión de la carretera.

- **Indicadores funcionales**

Recogen la sensación del usuario de la carretera y están relacionados con el nivel de servicio, la calidad del viaje, las congestiones, la calidad de la información, etc. Los indicadores funcionales sirven para analizar el grado de satisfacción del usuario de la carretera. Son herramientas útiles para la adopción de decisiones políticas.

- **Indicadores de entorno**

Vinculados a la percepción de la carretera por parte de los colindantes y con el medio ambiente: niveles de ruido, contaminación del agua, polución, etc. Los indicadores de entorno sirven para analizar el impacto de la carretera. Orientan sobre la necesidad de adoptar medidas de protección del medio ambiente.

INDICADOR	ACTIVIDAD RELACIONADA	DESCRIPCIÓN
INDICADORES OPERACIONALES	ACTIVIDADES DE VALIDAD	Son actividades destinadas a facilitar, o en su caso hacer posible, la operación de los vehículos en la infraestructura existente, en condiciones adecuadas de seguridad y fluidez.
INDICADORES ESTRUCTURALES	ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN	Su función es mantener los elementos que conforman una carretera en el mejor estado posible a lo largo del tiempo
INDICADORES FUNCIONALES Y DE ENTORNO	ACTIVIDADES DE MEJORA	Son actividades destinadas a mejorar las condiciones de seguridad, o corregir funcionamientos o situaciones anómalas, o a mejorar las condiciones del entorno y del medio ambiente

**Tabla N° 23 Relación de actividades con sus indicadores**

Fuente: Elaboración Propia, en base a [34]

- **Estrategias de conservación**

La conservación no puede dejarse al azar ni a una coyuntura favorable en las disponibilidades presupuestarias ni a la existencia de situaciones irreversibles que incluso hayan podido provocar accidentes. Desde el momento mismo del proyecto



debe contarse con una estrategia de conservación de la carretera destinada a mantener su calidad técnica por encima de unos mínimos. [54]

La estrategia de conservación de una carretera o de un tramo con características homogéneas se puede definir como el conjunto de actuaciones a desarrollar durante la vida de la carretera o del tramo para que el índice de comportamiento no baje del mínimo admisible. Su elaboración está vinculada a numerosos factores, tanto de índole técnica como económica: tráfico, disponibilidades de materiales, tipología de la sección estructural del pavimento, medios humanos y materiales disponibles, asignaciones presupuestarias anuales o plurianuales, etc. [97].

El objetivo de la estrategia de conservación debe ser, con las restricciones existentes, lograr la vida más larga del pavimento con el menor costo. Esto lleva lógicamente a que no todas las estrategias que pudieran plantearse técnicamente sean económicamente adecuadas, pero todas ellas pueden incluirse en dos grandes grupos [1].

El primer grupo de estrategias en las que se prevén fundamentalmente grandes operaciones de conservación a realizarse en momentos concretos y muy separados en el tiempo, de manera que con esas operaciones se intenten restituir prácticamente las condiciones iniciales del pavimento.

El otro grupo comprende las estrategias en las que se prevén principalmente operaciones frecuentes, de manera que las características iniciales del pavimento se vayan perdiendo con la mayor lentitud posible.

La comparación económica entre estrategias de conservación técnicamente viables se lleva a cabo considerando los costos de construcción de las secciones del pavimento (en caso de que se evalúen diversas posibilidades) y los costos de conservación previstos en la estrategia correspondiente para un determinado período de análisis económico. Entre estos últimos hay que considerar tanto los de la conservación ordinaria como los de las posibles rehabilitaciones.

Para una adecuada estrategia de conservación vial, a continuación en la Tabla N° 24 se describen los principales objetivos a los cuales se pretende llegar con cada una de las actividades señaladas



TIPO DE ACTIVIDAD	AUMENTAR CAPACIDAD	AUMENTAR RESISTENCIA	REDUCIR EN VEJECIMIENTO	RESTAURAR SERVICIALIDAD
NUEVA CONSTRUCCIÓN	X	X	X	X
RECONSTRUCCIÓN	X	X	X	X
REHABILITACIÓN MAYOR		X	X	X
RECAPEO ESTRUCTURAL		X	X	X
REHABILITACIÓN MENOR			X	X
CONSERVACIÓN PREVENTIVA			X	X
CONSERVACIÓN RUTINARIA				X
CONSERVACIÓN CORRECTIVA				X
CONSERVACIÓN EMERGENCIA				X

Tabla N° 24 Objetivos de cada estrategia de conservación

Fuente: Elaboración Propia, en base a [34] [98]

Una de las acciones más utilizadas actualmente para definir programas de conservación de pavimentos y sus tratamientos asociados, toma como base los datos obtenidos de la inspección visual del pavimento, debido principalmente a su rapidez de ejecución y los bajos costos asociados.

- **Criterios de priorización**

El estado de un pavimento no es una medida absoluta, sino que la consideración de las medidas a tomar de acuerdo al resultado de la evaluación está en relación al grado de prioridad que tenga la intervención en el conjunto de la red.

En este contexto es necesario, una vez conocido el problema y las posibles medidas a tomar para solucionarlo, determinar qué tan importante resulta dentro del sistema el llevar dicha solución, en otras palabras conocer que prioridad tiene para la red, la comunidad y el marco global mejorar el estado del tramo. Para realizar estas priorizaciones actualmente se disponen de varios métodos a continuación expondremos los más utilizados [29] [99]:

- **Priorización por deterioro o desempeño**

Se utilizan las determinaciones individuales de deterioro y/o desempeño para clasificar los proyectos. Se puede establecer un nivel crítico o límite de desempeño.

- **Priorización por indicadores combinados**

Los diferentes indicadores individuales de deterioro y/o desempeño se combinan de acuerdo con un sistema de ponderación, para obtener un índice combinado (por ejemplo, 15% para rugosidad, 65% para deterioro superficial, 10% para resistencia al



deslizamiento y 10% para tránsito). La priorización se inicia con los proyectos más cercanos a un valor inaceptable para el indicador individual.

- ***Priorización por un criterio compuesto.***

Corresponden a combinaciones de los métodos anteriores. Es el caso de que se considere un tipo de deterioro y/o desempeño como crítico, para establecer una primera selección de proyectos. Posteriormente, los proyectos seleccionados se clasifican a partir del indicador combinado de desempeño u otro criterio de falla o deterioro individual.

- ***Priorización por menor costo inicial***

Los proyectos se clasifican por medio del costo inicial (construcción). De esta forma, los proyectos de menos costo se ejecutan primero.

- ***Priorización por menor costo presente neto***

Se realizan análisis de ciclos de costo de vida para cada proyecto y se clasifican los proyectos de acuerdo con su costo presente neto<sup>4</sup>. Se realizan en primer lugar los proyectos con menor costo presente neto.

- ***Priorización por razón beneficios / costos***

En caso de que sean cuantificables los beneficios relacionados con el pavimento (crecimiento económico, producción, peajes, ahorro en costos de operación, etc.), se calcula el valor presente neto<sup>5</sup> de todos los beneficios (entradas de dinero) y se calcula la razón beneficios / costos.

$$B / C = \text{VPN (beneficios)} / \text{VPN (costos)}$$

- ***Procedimiento de priorización multianual***

Se debe utilizar el método de análisis de costos por ciclos de vida, definiendo las opciones de rehabilitación más económicas para cada sección de pavimento. Para cada proyecto de MR&MP (Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico) se evalúa su beneficio, analizando el área entre las curvas de desempeño de aplicar la medida de MR&MP y no hacer nada.

<sup>4</sup> El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión.

<sup>5</sup> Valor Presente Neto es una medida del Beneficio que rinde un proyecto de Inversión a través de toda su vida útil; se define como el Valor Presente de su Flujo de Ingresos Futuros menos el Valor Presente de su Flujo de Costos. Es un monto de Dinero equivalente a la suma de los flujos de Ingresos netos que generará el proyecto en el futuro.



El proceso al final implica que para cada proyecto se determina el costo presente neto. Se calcula la razón beneficio-costos para cada proyecto. Se priorizan los proyectos, seleccionándose primero los que presentan una razón beneficio-costos mayor. Para culminar con la selección de los proyectos con mayor razón beneficio - costo, hasta que se agota el presupuesto del período multianual.

- **Optimización de la inversión**

Una vez que la red de pavimentos ha sido definida y que los datos de las condiciones han sido recolectados, las secciones pavimentadas se seleccionan para mantenimiento y rehabilitación durante un período de análisis, si se cumple con un criterio de decisión establecido, el cual está normalmente basado en la condición, el tipo de superficie, la clasificación funcional y el tránsito, para posteriormente aplicar la evaluación económica.

Los valores mínimos de condición y las categorías de costos asociados con cada uno de ellos deben ser seleccionados basados en un análisis de los niveles de servicio más económicos que la agencia puede proporcionar al público con las restricciones existentes.

Los tratamientos correspondientes a las distintas categorías de costos deben definirse con base en análisis de costos durante la vida útil, para proporcionar la mejor condición por la mínima cantidad de dinero. Sin embargo, como éstos solamente son tratamientos a nivel de red, sólo deben proveer un costo inicial suficientemente razonable que permita identificar las secciones candidatas y la cantidad de dinero que se necesita para obtener algún objetivo definido por la agencia. Los programas de gestión vial tales como el HDM4 utilizan técnicas completas de optimización y pueden considerar muchos tratamientos específicos para cada nivel de condición.

#### **INDICADORES DE RENTABILIDAD**

Los indicadores de rentabilidad generalmente usados para el análisis económico, se describen a continuación [29].

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. La TIR es una

herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión, generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

- **Relación beneficio costo (B/C)**

El costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana.

- **Valor actual neto (VAN)**

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. Para que un proyecto de carreteras sea viable el VAN tiene que cumplir con que sea positivo y obtenga un valor mayor o igual a 5.

Para resumir los indicadores de rentabilidad se presenta la Tabla N° 25, la cual muestra el margen en que oscilan estos índices para aceptar como viable un proyecto en estudio.

MARGEN INFERIOR	INDICADOR DE RENTABILIDAD	MARGEN SUPERIOR
8%	TIR	13%
-5%	VAN o VPN	5%
0.8	B/C	1.2

**Tabla N° 25 Margen de valores de los indicadores de rentabilidad**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [29] [99]

Cualquiera que sea el método de priorización, existen tres diferentes escenarios expuestos en la Tabla N° 26 [99]:

SITUACIÓN	CONSECUENCIA
• El costo total de los proyectos a realizar es igual al presupuesto disponible	Como consecuencia se podrá ejecutar todos los proyectos.
• El costo total de los proyectos excede el presupuesto disponible	Deben postergarse algunos proyectos (año siguiente).
• El costo total de los proyectos está por debajo del presupuesto disponible	Situación más deseable. Hay dos cursos de acción alternativos: utilizar un criterio de selección de proyectos más exigente (utilizar estándares de desempeño más exigentes) y utilizar el sobrante de presupuesto en otras actividades de inversión.

**Tabla N° 26 Posibles escenarios dependientes del presupuesto**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [29] [99]





- **Costo anual uniforme equivalente (CAUE)**

El método del Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Obviamente, si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado [100]

Dentro de una evaluación de propuestas viales en ocasiones hay situaciones en la cual es necesario tomar una decisión sin que se involucren ingresos, es decir, en las propuestas existen únicamente costos y es sólo sobre esta base sobre la que hay que tomar la decisión, para éstos casos, se utiliza el método analítico costo anual uniforme equivalente. Se representan los ingresos con signo positivo y los costos con signo negativo.

#### **2.3.6.4. Planeamiento y programación vial**

Al igual que es importante tener claridad sobre las actividades de mantenimiento y los procedimientos para su ejecución, es necesario levantar cronogramas para establecer la periodicidad en la ejecución de los trabajos, con esto se garantiza la adecuada intervención a cada uno de los elementos de una vía [101].

#### **2.3.6.5. Seguimiento y evaluación**

Para que un sistema de gestión resulte operativo requiere la actualización permanente de la información contenida en su base de datos. Pero independientemente de una valoración individual de éstos, es necesario un análisis integral de los mismos que permita en su caso corregir los modelos de comportamiento, modificar los criterios generales de elaboración de estrategias de conservación, pudiendo a su vez incidir estos cambios en los criterios de proyecto.

Por tanto, para poder llevar a cabo dicho análisis integral hay que desarrollar programas específicos de evaluación y seguimiento de las vías, a fin de obtener conclusiones sobre su comportamiento en unas determinadas condiciones de tráfico y de clima.

Los objetivos establecidos de un programa de seguimiento y evaluación deben ser:

- Evaluación de los métodos existentes
- Mejora de las estrategias de conservación y de los procedimientos de proyecto de rehabilitación de firmes



- Desarrollo de nuevos algoritmos para el cálculo de pavimentos nuevos
- Determinación de cómo influyen en el comportamiento y en el deterioro de los firmes las cargas, las condiciones ambientales, las propiedades de los materiales, la calidad de la construcción y el nivel de conservación.
- Establecimiento de procedimientos específicos de proyecto para mejorar el comportamiento de las vías.
- Creación de una base de datos como apoyo a la consecución de los objetivos anteriores y al conocimiento de las necesidades futuras.

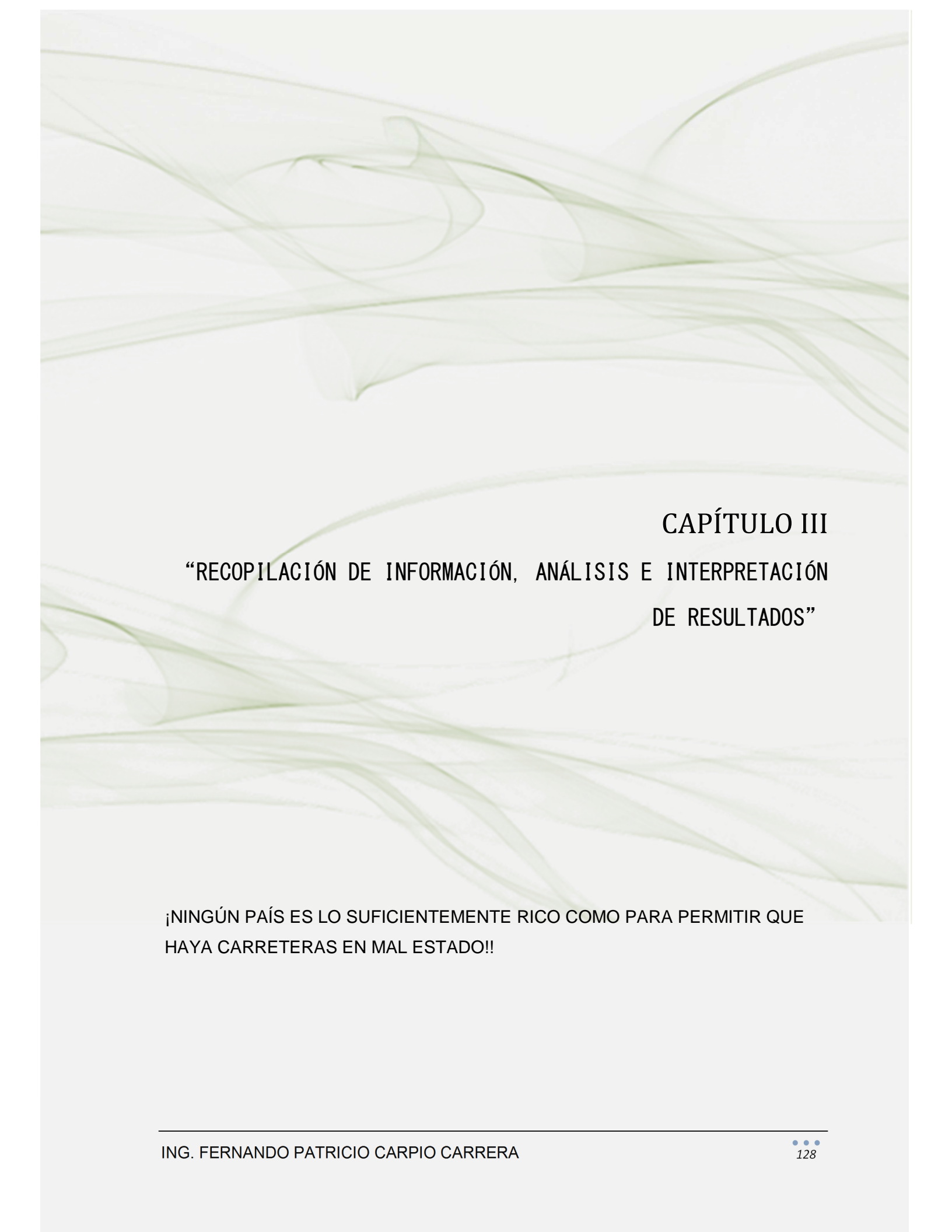
## **2.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

- Aunque las metodologías son claras en los pasos que debe seguir para la recopilación y evaluación de un inventario de daños, es indispensable el criterio y experiencia del evaluador o auscultador (patólogo), ya que dependiendo de cada persona los daños se ven de diferente forma, algunos se clasifican más graves de lo que parecen y otros en cambio pueden no clasificarse tan graves, lo que concluye en diferentes apreciaciones de un solo tipo de daño.
- Actualmente, en el mercado existen programas (software) que facilitan el procesamiento y análisis de la información de un sistema de gestión de pavimentos; dichos programas deben ser considerados sólo como una herramienta, la cual no sustituye el criterio del especialista que considera factores más específicos de cada tramo o vía en evaluación.
- Para la calificación funcional y estructural de los pavimentos en la provincia del Azuay se recomienda los sistemas de inspección visual PCI, IRI, PASER y PSI por ser métodos de graduación perceptibles para identificar la condición presente en el pavimento, adicionalmente, se basan en metodologías de fácil implementación, puede ser ejecutado por personal calificado no técnico, no requiere herramientas especiales además son las más completas para la identificación, evaluación y calificación de la superficie del pavimento.
- En lo referente a los criterios de priorización el autor considera que la priorización por criterio compuesto son una metodología idónea y aplicable en la provincia del Azuay, la combinación de criterios estructurales y funcionales del pavimento conjuntamente con las diferentes tareas y técnicas de



conservación permitirán a las instituciones responsables del mantenimiento poseer una amplia gama de acciones oportunas de acuerdo a las necesidades locales.

- Existen diversos beneficios para una institución que maneja un sistema de gestión vial, los cuales son muy obvios:
  - Uso más eficiente de los recursos disponibles de las Instituciones responsables de la conservación vial.
  - Una mayor abanico de posibilidades de justificación para financiamiento de las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
  - Información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidad existente en el territorio, lo que permite que los entes rectores de la vialidad en el territorio puedan responder interrogantes sobre los pavimentos y su condición generando de esta manera mayor credibilidad con los políticos y el público, en lo relacionado con la administración.
  - Posibilidad de evaluar distintos tipos de estrategias para el mantenimiento vial con las diferentes actividades seleccionadas más efectivas de mantenimiento y rehabilitación
  - Disponibilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.
  - Mejor coordinación de los trabajos con las agencias de servicio público.
  - El desarrollo de un sentimiento de satisfacción a partir del convencimiento que la institución está realizando el trabajo encomendado de una manera eficiente, eficaz y efectivo con el financiamiento disponible entregado por el estado central.
- Se hace evidente que la implementación de un Sistema de Gestión Vial es gradual, inicialmente se requiere disponer herramientas básicas hasta cierto grado, una vez consolidado el sistema, se requieren equipos sofisticados y la adaptación de modelos de envejecimiento, deterioro y comportamiento los cuales en su mayoría necesitan de parámetros de calibración los mismos que se determinan mediante el seguimiento de la vida útil de los proyectos.



## CAPÍTULO III

### “RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS”

¡NINGÚN PAÍS ES LO SUFICIENTEMENTE RICO COMO PARA PERMITIR QUE  
HAYA CARRETERAS EN MAL ESTADO!!



### **3. CAPÍTULO III: “RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS”**

Las Instituciones gubernamentales: nacionales, provinciales, cantonales y parroquiales son las llamadas a mantener la vialidad en sus territorios y sobre ellos pesa la responsabilidad de iniciar o no un adecuado proceso para determinar políticas, planes y estrategias, que permitan ejecutar de modo eficiente, eficaz y efectivo la conservación y mejoramiento de la red vial bajo su responsabilidad.

Una apropiada gestión de una red vial cuenta con herramientas que ayudan a los primeros personeros de la institución a en dos puntos claves:

- Tomar decisiones combinando las necesidades de conservación con las necesidades de inversión,
- Que estas herramientas ayuden a valorar el avance e impacto tanto social, económico y político de las inversiones realizadas.

En el marco del tema propuesto para el presente proyecto de titulación se ha decidido rediseñar conceptualmente el funcionamiento del sistema de gestión de la infraestructura vial para las instituciones responsables del mantenimiento vial rural.

Un Sistema de Gestión Vial (SGV) definido como un grupo de operaciones técnicas preventivas que debidamente planificadas con un uso adecuado de recursos y que aplicadas en el momento oportuno tienen por objeto evitar el deterioro de las vías y mantener por un determinado período de tiempo las condiciones de seguridad, confort, capacidad y nivel de servicio adecuados para los usuarios, minimizando los costos monetarios, sociales y ambientales, en definitiva es una herramienta de apoyo que facilita la adecuada toma de decisiones para alcanzar las metas y objetivos de largo alcance que son fijados con anticipación por los entes responsables de la conservación vial. Esto con el único objetivo de hacer más eficiente, efectivo y eficaz el trabajo de las instituciones encargadas de la conservación vial, estableciendo los procedimientos para planificar la inversión en proyectos, controlar el avance su ejecución y, en función de los resultados obtenidos, eventualmente reformular la planificación.

Para elaborar una propuesta de un sistema de gestión vial aplicable a la provincia de Azuay se ha realizado un diagnóstico de la gestión vial provincial; dicho diagnóstico



abarcó las áreas como: sistema organizacional, aspectos funcionales, recursos económicos, político – administrativos, normativos.

En función de las observaciones y sugerencias realizadas por los diferentes asesores para este proyecto de titulación se realizaron ajustes y modificaciones que llevaron a la presentación de una propuesta para un sistema de gestión vial. Este documento contiene:

- Análisis de la red vial del Ecuador
- Síntesis del diagnóstico del sistema de gestión de vial en el Ecuador y el Azuay.
- Marco legal y organizacional dentro del cual se desarrollará el Sistema propuesto.
- Modelo del Sistema de Gestión Propuesto.

La metodología propuesta para el desarrollo de este sistema se basa en la no reiteración de algunos errores del pasado, y que a partir de lo existente en la institución se avance en un desarrollo gradual y ascendente de las herramientas y equipos necesarios para una adecuada gestión, de modo que con el pasar del tiempo se adquiera nuevas y valiosas experiencias, conocimiento y oportunidades de mejorar continuamente el sistema realizando ajustes en función de los logros y dificultades encontradas desde la puesta en marcha del sistema, lo que permitirá ir definiendo las herramientas más adecuadas para su funcionamiento e incorporando nuevas tecnologías, todo esto con el único objetivo de identificar las necesidades, mejorar el sistema y hacerlo sustentable con el tiempo.

### **3.1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Respecto de las competencias y atribuciones que la ley confiere en materia de construcción, mantenimiento y gestión de la vialidad, encontramos incorporados en varios textos legales:

#### **3.1.1. Constitución de la República**

Lo referente a vialidad se puede resumir [102]:

Art. 262 “Los gobiernos regionales autónomos tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley que regule el sistema nacional de competencias:... 4. Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito regional. (...)”



Art. 263 “Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley: ... 2. Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas. (...)”.

Art. 264 “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:..... 3. Planificar, construir y mantener la vialidad urbana. (...)”

Art. 267 “Los gobiernos parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley:... 3. Planificar y mantener, en coordinación con los gobiernos provinciales, la vialidad parroquial rural... 8. Vigilar la ejecución de obras y la calidad de los servicios públicos.”

### **3.1.2. Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial**

Lo referente a vialidad se puede resumir [103]

Art. 6 “El Estado es propietario de las vías públicas, administrará y regulará su uso.”

Art. 7 “Las vías de circulación terrestre del país son bienes nacionales de uso público, y quedan abiertas al tránsito nacional e internacional de peatones y vehículos motorizados y no motorizados. En materia de transporte terrestre y tránsito, el Estado garantiza la libre movilidad de personas, vehículos y bienes, bajo normas y condiciones de seguridad vial y observancia de las disposiciones de circulación vía”

Art. 15 “El Ministro del sector será el responsable de dictar las políticas en materia de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial; expedir los planes nacionales de desarrollo en la materia y supervisar su cumplimiento.”

Art. 209 “Toda vía a ser construida, rehabilitada o mantenida deberá contar en los proyectos con un estudio técnico de seguridad y señalización vial, previamente al inicio de las obras.”

### **3.1.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización**

En su relación con vialidad expresa [104]:

Artículo 34 “Atribuciones del consejo regional.- Son atribuciones del consejo regional las siguientes:.....g) Aprobar la creación de empresas públicas o la participación en empresas de economía mixta, para la gestión de servicios de su competencia u obras públicas regionales, según las disposiciones de la Constitución





y la ley. La gestión de los recursos hídricos será exclusivamente pública y comunitaria de acuerdo con las disposiciones constitucionales y legales...”

Artículo 42 “Competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial.- Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:.....b) Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.....”

Artículo 55 “Competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:.... b) Planificar, construir y mantener la vialidad urbana; c) Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte terrestre dentro de su circunscripción cantonal; d) Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras;....”

Artículo 65 “Competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural.- Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:..... b) Planificar, construir y mantener la infraestructura física, los equipamientos y los espacios públicos de la parroquia, contenidos en los planes de desarrollo e incluidos en los presupuestos participativos anuales;..... c) Planificar y mantener, en coordinación con los gobiernos provinciales, la vialidad parroquial rural.”

### **3.1.4. Ley de Caminos**

Algunos artículos en cuanto a vialidad <sup>[105]</sup>:

Art. 1 Definición “Son caminos públicos todas las vías de tránsito terrestre construidas para el servicio público y las declaradas de uso público.”

Art. 4 “Apertura de nuevos caminos.- El Ministerio de Obras Públicas podrá ordenar la apertura de los nuevos caminos que se necesiten en las diversas secciones del territorio nacional; y las instituciones llamadas a construirlos cumplirán los requisitos legales.”

Art. 5 “Partes de los caminos.- Forman parte integrante de los caminos: los senderos laterales para peatones y animales, los taludes, las cunetas o zanjas de





desagües, terraplenes, puentes, obras de arte de cualquier género, habitaciones para guarda puentes, camineros y otros requerimientos análogos permanentes.”

Art. 23 “Responsables.- Sin perjuicio de las atribuciones y deberes del Ministro de Obras Públicas, del Director General del Ramo y de las entidades respectivas, todas las autoridades administrativas, provinciales, cantonales y parroquiales, cada una en su jurisdicción, cuidarán de la conservación de los caminos públicos, y, en general, de los servicios de vialidad.”

### **3.1.5. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública**

En el Ecuador, la Asamblea Constituyente en el año 2008, creo un Sistema de Contratación Pública que integra a todas las instancias, organismos e instituciones involucradas en la ejecución de un servicio público que se realicen con recursos públicos, anteriormente, la carencia de una planificación y de políticas claras para la contratación y adquisición de servicios o bienes derivaron en que las instituciones realicen libremente contrataciones y adquisiciones a su libertad y conveniencia generando en muchos de los casos en desperdicio de los recursos públicos.

Entonces se incorporó a las instituciones un sistema de contratación con características innovadoras, ágil, transparente en su procedimiento y sobre todo actualizada tecnológicamente. Con esto la Asamblea apuntaba a objetivos claros

- Control de los recursos financieros asignados a los entes gubernamentales y
- La promoción de la producción nacional, los recursos estatales destinados a la contratación pública fomentarían la generación de empleo, la industria, la asociatividad y la redistribución de la riqueza;

A partir estos antecedentes se expide la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, así como el Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública; en donde se explica a través de diferentes Artículos, los principios y normas necesarias para regular las operaciones de contratación de los múltiples procedimientos que se realicen [106].

Art. 7.- “Sistema Nacional de Contratación Pública SNCP.- El Sistema Nacional de Contratación Pública (SNCP) es el conjunto de principios, normas, procedimientos, mecanismos y relaciones organizadas orientadas al planeamiento, programación, presupuestos, control, administración y ejecución de las contrataciones realizadas por



las Entidades Contratantes. Forman parte del SNCP las entidades sujetas al ámbito de esta Ley.”

**Compras por Catálogo** Art. 43.- “Convenios marco: El Instituto Nacional de Contratación Pública efectuará periódicamente procesos de selección de proveedores con quienes se celebrará Convenios Marco en virtud de los cuales se ofertarán en el catálogo electrónico, bienes y servicios normalizados a fin de que éstos sean adquiridos o contratados de manera directa por las Entidades Contratantes, sobre la base de parámetros objetivos establecidos en la normativa que para el efecto dicte el Instituto Nacional de Contratación Pública.”

Art. 47.- “**Subasta Inversa.**- Para la adquisición de bienes y servicios normalizados que no consten en el catálogo electrónico, las Entidades Contratantes deberán realizar subastas inversas en las cuales los proveedores de bienes y servicios equivalentes, pujan hacia la baja el precio ofertado, en acto público o por medios electrónicos a través del Portal de Compras Públicas.”

**Licitación** Art. 48.- “Procedencia.- La licitación es un procedimiento de contratación que se utilizará en los siguientes casos:

1. Si fuera imposible aplicar los procedimientos dinámicos previstos en el Capítulo II de este Título o, en el caso que una vez aplicados dichos procedimientos, éstos hubiesen sido declarados desiertos; siempre que el presupuesto referencial sobrepase el valor que resulte de multiplicar el coeficiente 0,000015 por el monto del Presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico;

2. Para contratar la adquisición de bienes o servicios no normalizados, exceptuando los de consultoría, cuyo presupuesto referencial sobrepase el valor que resulte de multiplicar el coeficiente 0,000015 por el monto del Presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico; y,

3. Para contratar la ejecución de obras, cuando su presupuesto referencial sobrepase el valor que resulte de multiplicar el coeficiente 0,00003 por el monto del Presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico.”

**Cotización** Art. 50.- “Procedimientos de cotización.- Este procedimiento, se utilizará en cualquiera de los siguientes casos:



1. Si fuera imposible aplicar los procedimientos dinámicos previstos en el Capítulo II de este Título o, en el caso que una vez aplicados dichos procedimientos, éstos hubiesen sido declarados desiertos; siempre que el presupuesto referencial oscile entre 0,000002 y 0,000015 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico;

2. La contratación para la ejecución de obras, cuyo presupuesto referencial oscile entre 0,000007 y 0,00003 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico; y,

3. La contratación para la adquisición de bienes y servicios no normalizados, exceptuando los de consultoría, cuyo presupuesto referencial oscile entre 0,000002 y 0,000015 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico.”

**Menor Cuantía** Art. 51.- “Contrataciones de menor cuantía.- Se podrá contratar bajo este sistema en cualquiera de los siguientes casos:

1. Las contrataciones de bienes y servicios no normalizados, exceptuando los de consultoría cuyo presupuesto referencial sea inferior al 0,000002 del Presupuesto Inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico;

2. Las contrataciones de obras, cuyo presupuesto referencial sea inferior al 0,000007 del Presupuesto Inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico;

3. Si fuera imposible aplicar los procedimientos dinámicos previstos en el Capítulo II de este Título o, en el caso que una vez aplicados dichos procedimientos, éstos hubiesen sido declarados desiertos; siempre que el presupuesto referencial sea inferior al 0,000002 del Presupuesto Inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico.”

**Ínfima Cuantía** Art. 52.1.- “Contrataciones de ínfima cuantía.- Se podrá contratar bajo este sistema en cualquiera de los siguientes casos:

1.- Las contrataciones para la adquisición de bienes o prestación de servicios no normalizados, exceptuando los de consultoría, cuya cuantía sea inferior a multiplicar el coeficiente 0,0000002 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico;



2.- Las contrataciones para la adquisición de bienes o prestación de servicios normalizados, exceptuando los de consultoría, que no consten en el catálogo electrónico y cuya cuantía sea inferior a multiplicar el coeficiente 0,0000002 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico; y,

3.- Las contrataciones de obras que tengan por objeto única y exclusivamente la reparación, refacción, remodelación, adecuación, mantenimiento o mejora de una construcción o infraestructura existente, cuyo presupuesto referencial sea inferior a multiplicar el coeficiente 0,0000002 del presupuesto inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico. Para estos casos, no podrá considerarse en forma individual cada intervención, sino que la cuantía se calculará en función de todas las actividades que deban realizarse en el ejercicio económico sobre la construcción o infraestructura existente. En el caso de que el objeto de la contratación no sea el señalado en este numeral, se aplicará el procedimiento de menor cuantía

***Contratación Integral*** Art. 53.- “Procedencia.- Para celebrar contratos de obra, podrá acordarse mediante resolución razonada de la máxima autoridad de la entidad, la celebración del Contrato Integral por precio fijo, cuando se cumplan de forma conjunta los siguientes requisitos:

1. Si del análisis previo a la resolución de la máxima autoridad, resulta más ventajosa esta modalidad con respecto a la contratación por precios unitarios;

2. Si se tratare de la ejecución de proyectos de infraestructura en los que fuere evidente el beneficio de consolidar en un solo contratista todos los servicios de provisión de equipo, construcción y puesta en operación;

3. Si el presupuesto referencial de dicha contratación sobrepasa el valor que resulte de multiplicar el coeficiente 0,1% por el monto del Presupuesto Inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico; y,

4. Que la Entidad Contratante cuente con los estudios completos, definitivos y actualizados.

Se prohíbe en esta clase de contratos la celebración de contratos complementarios, la inclusión de fórmulas de reajustes de precios o cualquier otro mecanismo de variación de precios.

El plazo de ejecución no será sujeto a modificaciones salvo exclusivamente en los casos de fuerza mayor o caso fortuito. Los contratistas de esta modalidad



contractual asumen todos los riesgos y responsabilidades por el cumplimiento del objeto del contrato en las condiciones acordadas.”

### **3.1.6. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre**

Esta ley en cuanto a vialidad expresa en sus artículos [107]:

Artículo 1” Objeto. La presente Ley tiene por objeto establecer el régimen jurídico para el diseño, planificación, ejecución, construcción, mantenimiento, regulación y control de la infraestructura del transporte terrestre y sus servicios complementarios, cuya rectoría está a cargo del ministerio encargado de la competencia de vialidad, sin perjuicio de las competencias de los gobiernos autónomos descentralizados.”

Artículo 3 “Vías Terrestres. Las vías son las estructuras de diferentes tipos construidas para la movilidad terrestre de los vehículos y constituyen un esencial medio de comunicación que une regiones, provincias, cantones y parroquias de la República del Ecuador, cuya forma constitutiva contiene la plataforma de circulación que comprende todas las facilidades necesarias para garantizar la adecuada circulación, incluyendo aquella definida como derecho de vía y la señalización. El Reglamento General de esta Ley determinará su clasificación de acuerdo a su tipología, diseño, funcionalidad, dominio y uso.”

Artículo 4 “Red vial nacional. Se entiende por red vial nacional al conjunto de todas las carreteras y caminos existentes en el territorio ecuatoriano que compone el sistema vial nacional. La red vial nacional, en razón de su jurisdicción y competencia, está integrada por la red vial estatal, regional, provincial y cantonal urbana.

Artículo 5 “Red vial estatal. Se considera como red vial estatal, cuya competencia está a cargo del gobierno central, al conjunto de vías conformadas por las troncales nacionales que a su vez están integradas por todas las vías declaradas por el ministerio rector como corredores arteriales o como vías colectoras. Son corredores arteriales aquellas vías de integración nacional, que entrelazan capitales de provincias, puertos marítimos, aeropuertos, pasos de frontera y centros de carácter estratégico para el desarrollo económico y social del país. Son vías colectoras aquellas vías que tienen como función colectar el tráfico de las zonas locales para conectarlos con los corredores arteriales, bajo el principio de predominio de la accesibilidad sobre la movilidad. ....”



---

Artículo 6 “Red vial regional. Se define como red vial regional, cuya competencia está a cargo de los gobiernos autónomos descentralizados regionales, al conjunto de vías que unen al menos dos capitales de provincia dentro de una región y que sean descentralizadas de la red vial estatal.”

Artículo 7 “Red vial provincial. Se define como red vial provincial, cuya competencia está a cargo de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, al conjunto de vías que, dentro de la circunscripción territorial de la provincia, no formen parte del inventario de la red vial estatal, regional o cantonal urbana. El Reglamento General de esta Ley determinará la característica y tipología de la red vial provincial.”

Artículo 8 “Red vial cantonal urbana. Se entiende por red vial cantonal urbana, cuya competencia está a cargo de los gobiernos autónomos descentralizados municipales o metropolitanos, al conjunto de vías que conforman la zona urbana del cantón, la cabecera parroquial rural y aquellas vías que, de conformidad con cada planificación municipal, estén ubicadas en zonas de expansión urbana. ....”

Artículo 12 “Planificación de la vialidad. El ministerio rector deberá aprobar el respectivo plan sectorial de infraestructura vial. En el caso de los gobiernos autónomos descentralizados que tienen la competencia en infraestructura vial, su planificación constará en sus instrumentos de ordenamiento territorial. En dichos planes se incluirá la infraestructura vial existente y aquella proyectada, en la que se deberá considerar espacios para la construcción de ciclovías cuando las condiciones técnicas lo permitan. Los propietarios de los terrenos afectados con el trazado vial no podrán construir o sembrar cultivos de ciclo largo, salvo autorización expresa de la autoridad competente. Cualquier sembradío o construcción posterior a la inscripción en el Registro de la Propiedad y la notificación de este gravamen al propietario no será indemnizada en el caso de declaratoria de utilidad pública y posterior expropiación. Durante el proceso de elaboración de los respectivos planes se contará con la participación de los niveles de gobierno sobre los que transcurran las vías proyectadas.

Artículo 13 “Proyectos. La infraestructura del transporte terrestre se desarrollará a través de la elaboración de proyectos integrales, que contendrán la documentación necesaria para hacer factible su ejecución, de conformidad con la ley, reglamentos y



demás normas vigentes. En caso de tener incidencia en la red vial estatal, el ministerio rector revisará y aprobará la prefactibilidad y factibilidad de los proyectos de infraestructura vial. Todos los proyectos de infraestructura vial, sean nuevos o que supongan la intervención o modificación de anteriores, deberán incluir los estudios de impacto ambiental, social y de seguridad vial de acuerdo con la normativa aplicable para el efecto emitida por la autoridad competente. ....”

Artículo 16 “Competencias de vialidad. Los gobiernos autónomos descentralizados en sus respectivas circunscripciones territoriales, a más de las atribuciones conferidas en la presente Ley, tendrán las facultades y atribuciones en materia de vialidad que correspondan, de conformidad con la Constitución, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, las resoluciones del Consejo Nacional de Competencias y demás normativa aplicable para el ejercicio de esta competencia...”

Artículo 17 “Deberes y atribuciones. Son deberes y atribuciones de los gobiernos autónomos descentralizados regionales, provinciales y municipales, en el ámbito de su competencia: ... 2. Administrar la red vial de su jurisdicción realizando las acciones de planificación, diseño, construcción, rehabilitación, señalización, conservación, mantenimiento, operación y financiamiento, considerando el mínimo impacto ambiental. 3. Incorporar al sistema nacional vial, la información que incluya a toda la red vial de su jurisdicción en coordinación con el ministerio rector. 4. Declarar de utilidad pública con fines de expropiación y ocupación inmediata los inmuebles que se requieran para la apertura del trazado, construcción, ampliación, rectificación u otros, para el desarrollo de la infraestructura del sistema vial de su jurisdicción, de conformidad con las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias. 5. Delegar a las empresas de economía mixta en las cuales el Estado tenga mayoría accionaria, la facultad para la prestación del servicio público de vialidad, que puede comprender el diseño, la construcción, la operación o el mantenimiento de la infraestructura vial. Excepcionalmente podrá delegar al sector privado o a la economía popular y solidaria de acuerdo con la ley. 6. Establecer y recaudar la Contribución Especial de Mejoras por la inversión realizada, a cuyos propietarios de los bienes inmuebles que se benefician por el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura vial de su jurisdicción, acorde a la normativa dictada para el efecto. 7. Fijar, cobrar o





autorizar el cobro de tasas y tarifas viales para el financiamiento, uso y mantenimiento integral de la infraestructura vial de su jurisdicción, de sus componentes funcionales y las áreas de servicios auxiliares y complementarios; para tal efecto se establecerá las bases generales de regulación de tarifas aplicables. 8. Administrar el uso y retiro de vallas en las vías de su competencia, que pudieran generar contaminación visual o ambiental. De manera excepcional se podrá autorizar la colocación y ubicación de rótulos y vallas de carácter informativo....”

### 3.2. ANÁLISIS DE LA RED VIAL DEL ECUADOR

La red vial nacional (RVN) del Ecuador posee una infraestructura vial considerable, cerca de 91,141.28 km de vías con una densidad de 0.32 km de vía por km<sup>2</sup> de superficie territorial. La red vial nacional está formada por el conjunto de vías de propiedad pública sujetos a la norma y marco institucional vigente, la longitud de cada tipo de red se puede observar en la Tabla N° 27.

RED VIAL NACIONAL SEGÚN CATEGORÍA DEL CAMINO			
CLASIFICACION DE VIA		LONGITUD km	% TOTAL DE LA RED
ESTATAL	PRIMARIA	5832.12	6.40%
	SECUNDARIA	3496.51	3.84%
PROVINCIAL		65930.75	72.34%
MUNICIPAL		15881.9	17.43%
TOTAL		91141.28	100.00%

Tabla N° 27 Red vial nacional según categoría del camino

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

En el Ecuador, las vías se clasifican en lo relativo de los niveles de importancia que unen los centros poblados o de actividad y tiene una mayor demanda de flujo vehicular. Según el Acuerdo Ministerial 001 del 12 de enero de 2001, se conviene que la Red Vial Nacional se clasifica según su jurisdicción en:

**RED VIAL ESTATAL:** está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, siendo la única entidad responsable del manejo y control. En la Tabla N° 28 se pone a consideración las cifras que componen la RVE.





RED VIAL ESTATAL			
CLASIFICACION DE VIA		LONGITUD Km	% DE LA RED
ESTATAL	PRIMARIA	5832.12	62.52%
	SECUNDARIA	3496.51	37.48%
T O T A L		9328.63	100.00%

Tabla N° 28 Red vial estatal

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

LAS VÍAS PRIMARIAS O CORREDORES ARTERIALES son los caminos de alta jerarquía funcional, los mismos que se constituyen por aquellos que conectan, en el continente, a las capitales de provincia, a los principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera, que sirven para viajes de larga distancia y que deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada en su recorrido, giros y maniobras controlados, y estándares geométricos adecuados para proporcionar una operación de tráfico eficiente y segura. El conjunto de corredores arteriales forma una malla vial denominada estratégica o esencial, que cumple las más altas funciones de integración nacional. Existen 12 vías primarias con aproximadamente un 63% de la longitud total de la Red Vial Estatal.

LAS VÍAS SECUNDARIAS O VÍAS COLECTORAS son los caminos de mediana jerarquía funcional, los mismos que se constituyen por aquellos cuya función es la de recolectar el tráfico de la zona rural o una región, que llegan a través de los caminos locales para conducirlos a la malla estratégica o esencial de corredores arteriales. Son caminos que se utilizan para servir al tráfico de recorridos intermedios o regionales, requiriendo de estándares geométricos adecuados para cumplir esta función. En total existen 43 vías secundarias con aproximadamente el 38% de la longitud total de la Red Vial Estatal (RVE). Son vías locales todos los caminos que cruzan centros poblados (pasos laterales, arterias urbanas, o puentes, etc.) y que dan continuidad a estos corredores arteriales.

En la Tabla N° 29 se presenta el estado de la red vial estatal Ecuatoriana, donde se puede observar que cerca del 40% de la vialidad estatal se encuentra en regulares o malas condiciones, y cerca del 60% en condiciones buenas, considerando que este margen es variable con el pasar del tiempo las vías siguen deteriorándose y engrosando los valores regulares.

ESTADO DE LA RED VIAL ESTATAL		
ESTADO VIAL	LONGITUD km	% RED
BUENAS	5560.72	59.61%
REGULARES	3171.69	34.00%
MALAS	596.22	6.39%
TOTAL	9328.63	100.00%

**Tabla N° 29 Estado de la red vial estatal**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

En cuanto a su clasificación de acuerdo a su nivel de rodadura en la Tabla N° 30 se puede observar que en su mayor porcentaje la RVE se encuentra con calzada de rodadura.

RODADURA	LONGITUD Km	% RED
PAVIMENTO ASFALTICO	6640.75	71.19%
DTSB	636.59	6.82%
AFIRMADO	535.88	5.74%
PAVIMENTO RIGIDO	1515.41	16.24%
TOTAL	9328.63	100.00%

**Tabla N° 30 Tipo de rodadura de la red vial estatal**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

**RED VIAL PROVINCIAL:** es el conjunto de vías administradas por cada uno de los Gobiernos Provinciales. Esta red está integrada por vías terciarias y caminos vecinales. Las vías terciarias conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de la Red Vial Nacional y caminos vecinales, de un reducido tráfico, la extensión de esta malla vial en las 21 provincias del Ecuador alcanza los 65930.75 kilómetros, con una correspondencia de 72.34% de la Red Vial Nacional lo que le hace la más extensa de las tres definidas y como consecuencia también la más desatendida pues se puede observaren la Tabla N° 31 que más del 60% de la vialidad rural se encuentra en malas o regulares condiciones.

ESTADO DE LA RED VIAL PROVINCIAL		
ESTADO VIAL	LONGITUD km	% RED
BUENAS	23928.28	36.29%
REGULARES	23220.11	35.22%
MALAS	18782.36	28.49%
TOTAL	65930.75	100.00%

**Tabla N° 31 Estado de la red vial provincial**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

En lo que respecta a su capa de rodadura se puede estimar que más del 65% lo componen caminos a nivel de lastre como se demuestra en la Tabla N° 32.

TIPO DE RODADURA DE LA RED VIAL PROVINCIAL		
RODADURA	LONGITUD Km	% RED
PAVIMENTO RÍGIDO	261.75	0.40%
PAVIMENTO ASFÁLTICO	8350.88	12.67%
DTSB	3130.61	4.75%
LASTRADO	38393.45	58.23%
SUBBASE	15776.76	23.93%
ADOQUINADO	8.65	0.013%
TOTAL	65930.75	100.0%

**Tabla N° 32 Tipo de rodadura de la red vial provincial**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

**RED VIAL CANTONAL:** es el conjunto de vías urbanas e interparroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales. Esta red está integrada por las vías terciarias y caminos vecinales. Las vías terciarias conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de la Red Vial Nacional y caminos vecinales, de un reducido tráfico. La longitud de esta malla vial alcanza los 15881.90 kilómetros correspondiéndole el 17.43% de la Red Vial Nacional. La red vial Cantonal se encuentra en buenas condiciones, pues más del 71% se clasifican dentro de este grupo como se puede observar en la Tabla N° 33.

ESTADO VIAL	LONGITUD Km	% RED
BUENAS	11322.6	71.29%
REGULARES	821.35	5.17%
MALAS	3737.95	23.54%
TOTAL	15881.9	100.00%

**Tabla N° 33 Estado de la red vial cantonal**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

En cuanto a su superficie de rodadura expresada en la Tabla N° 34 el adoquinado ocupa el mayor porcentaje en el Ecuador con un 52%, seguido por las vías en pavimento Asfaltico con 18%.



TIPO DE RODADURA DE LA RED VIAL CANTONAL		
RODADURA	LONGITUD Km	% RED
PAVIMENTO RÍGIDO	998.72	6.29%
PAVIMENTO ASFÁLTICO	2909.05	18.32%
AFIRMADAS	1890.60	11.90%
SUBBASE	1780.99	11.21%
ADOQUINADO	8302.35	52.28%
TOTAL	15881.70	100.00%

**Tabla N° 34 Tipo de rodadura de la red vial cantonal**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [38] [10]

### **3.2.1. Explotación vial en el país**

El conjunto de carreteras y caminos de Ecuador se conoce como la Red Vial Nacional (RVN). La Red Vial Nacional comprende el conjunto de caminos de propiedad pública sujetos a la normatividad y marco institucional vigente. La Red Vial Nacional está integrada por la Red Vial Estatal (vías primarias y vías secundarias), la Red Vial Provincial (vías terciarias), y la Red Vial Cantonal (caminos vecinales).

El conjunto de vías primarias y secundarias son los caminos principales que registran el mayor tráfico vehicular, intercomunican a las capitales de provincia, cabeceras de cantón, los puertos de frontera internacional con o sin aduana y los grandes y medianos centros de actividad económica.

La red provincial está compuesta de caminos terciarios, que conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de la red nacional y caminos vecinales, de un reducido tráfico.

La mayor extensión se encuentra en la Sierra, la región interandina del país, una de las cuatro en las que se divide el Ecuador. En lo que respecta a la calzada y con los datos de la Tabla N° 35 se resume que la Red Vial Nacional se encuentra distribuida de la siguiente manera:

TIPO DE RODADURA DE LA RED VIAL NACIONAL		
RODADURA	LONGITUD km	% RED
PAVIMENTO RÍGIDO	2775.88	3.05%
PAVIMENTO ASFÁLTICO	17900.68	19.64%
DTSB	3767.20	4.13%
LASTRADO	40819.93	44.79%
SUBBASE	17557.75	19.26%
ADOQUINADO	8319.65	9.13%
TOTAL	91141.08	100.00%

**Tabla N° 35 Distribución vial por tipo de superficie de rodadura en la red vial nacional**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

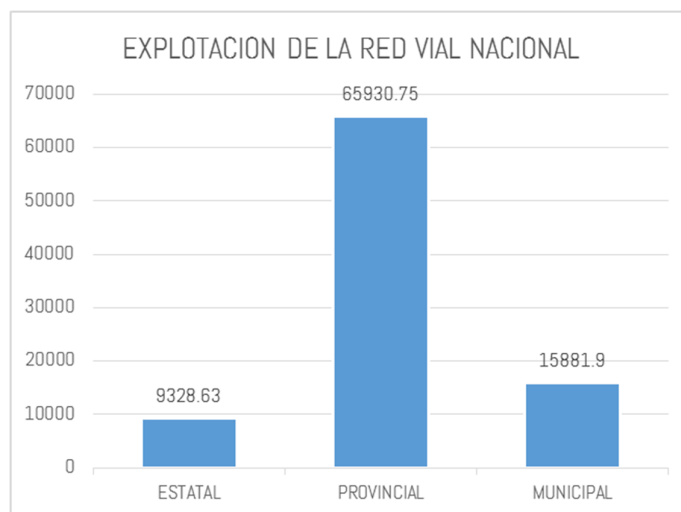
Según su estado se puede observar en la Tabla N° 36 que más del 50% de la vialidad se encuentra en malas y regulares condiciones de circulación, sin considerar que estos valores cada día aumentan debido a la desatención que han recibido en cuanto a mantenimiento vial.

ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL		
ESTADO VIAL	LONGITUD Km	% RED
BUENAS	40811.6	44.78%
REGULARES	27213.15	29.86%
MALAS	23116.53	25.36%
TOTAL	91141.28	100.00%

**Tabla N° 36 Estado de la red vial nacional**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

Se puede apreciar en la Ilustración N° 14 que la mayor parte de la vialidad en el país está bajo la responsabilidad de los gobiernos provinciales, los mismos que sustentan la desatención en el mantenimiento de la vialidad rural en la falta de recursos financieros para dichos trabajos.



**Ilustración N° 14 Explotación de la Red Vial Nacional**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10]

Todo proyecto de construcción, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos, formulado por cualquier entidad o persona, deberá contener todos los documentos necesarios para su aprobación, sin cuyo requisito no podrán realizarse los trabajos, salvo que se trate de caminos internos de una propiedad particular.

El derecho de vía consiste en la facultad que tiene el Estado, para ocupar, en cualquier tiempo, el terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos.

Los daños que se produjeran en los caminos públicos o en cualquier servicio de vialidad, serán puestos, por cualquier persona, en conocimiento de las autoridades pertinentes las que adoptarán las medidas inmediatas para atenderlos.

Se prohíbe la colocación, en las inmediaciones de los caminos públicos, de construcciones, carteles y otras cosas que puedan afectar a la seguridad del tránsito o a la buena presentación del lugar.

En cuanto a la conservación de los caminos públicos, todas las autoridades administrativas, provinciales, cantonales y parroquiales, cada una en su jurisdicción, cuidan de la conservación de los caminos públicos, y, en general, de los servicios de vialidad.

Todas las instituciones responsables de la planificación, construcción y mantenimiento vial que se realicen en sus jurisdicciones, deberán conservar y cuidar el hábitat natural que crezca al borde de los caminos.

Toda violación de los preceptos estipulados en las distintas normativas es sancionada con una multa económica, según la gravedad de la infracción.

La Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 – MTOP, (En proceso de socialización), en su volumen 6 se estructura la forma en que se realizará la conservación vial e incorpora las operaciones que son más habituales en el mantenimiento. Esta Norma es un compendio de anteriores normativas que se encontraban separadas y se basa en

- (i) Norma MOP-001-F 2002 y
- (ii) Especificaciones Generales para la construcción General de Caminos y Puentes (MOP 2002)
- (iii) Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MOP, 2003).

La forma habitual de conservación vial en el Ecuador se resume de la siguiente manera:

En la **Red Vial Nacional** la mayor parte de trabajos se realizan por administración directa, seguido por contratos de concesión vial.

ADMINISTRACION DIRECTA	6966.2	74.68%
CONCESIÓN VIAL	1575.2	16.89%
DELEGACION	787.2	8.44%
<b>TOTAL</b>	<b>9328.63</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla N° 37 Explotación vial estatal**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [38] [10] [108]

En lo referente a la **Red Vial Provincial** en su mayor medida es atendida de forma directa por cada uno de los entes responsables, seguidos por contratos de mantenimiento con microempresas de trabajadores o PYMES de comunidades aledañas a la carretera para que realice las operaciones de conservación y mantenimiento rutinario, y en caso de que se requieran actuaciones extraordinarias el ente encargado es el responsable de ejecutarlas y gestionarlas según los requerimientos.

En la **Red Vial Cantonal** es atendida de forma directa por cada uno de los entes responsables, seguidos por contratos de mantenimiento por precios unitarios y/o cotizaciones.



El funcionamiento del sistema de peajes en el país comenzó en el 2001, aunque las concesiones de las vías se hicieron en 1996, con la Panamericana para la empresa Panavial y en 1998 en Guayas, todas suman 1468,22 kilómetros de vías concesionadas a empresas privadas. [109]

Lastimosamente, existe una carencia de planeación, y respuesta a los eventos, y una falta de recursos económicos destinados a este fin, la ejecución de acciones se desarrollan únicamente en casos de emergencia en torno a la vialidad obedeciendo básicamente a motivaciones políticas o como respuesta a reiteradas solicitudes de los usuarios de la vía.

Los principales aspectos de la problemática de la Red Vial Nacional son:

- El deficiente estado físico en que se encuentra,
- Las limitaciones geométricas y de capacidad vial.
- Insuficiente cobertura, el mal estado de los caminos rurales y la necesidad de consolidar el funcionamiento del sistema nacional de carreteras.

Según las estadísticas de Agencia Nacional de Tránsito Tabla N° 38, en base a los relevamientos de siniestros de tránsito realizados entre 2004 y 2011, las faltas más comunes de mantenimiento en la calzada y que producen accidentes son:

Falta de señalización vertical	25%
Falta de señalización horizontal	18%
Falta de iluminación artificial	17%
Calzada deteriorada	16%
Agua acumulada en la vía	10%

**Tabla N° 38 Relevamientos de siniestros de tránsito por efecto en las vías**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [110]

A su vez, los siniestros relevados por tipo de camino indican que el 51% de los incidentes se producen en rutas nacionales, y un 25% en rutas provinciales y el faltante 24% en la red cantonal. [110]

Un trazado peligroso de una carretera, acompañado de una falta de conservación de su calzada, señalización defectuosa, puede dar respuesta, en algunos casos, al porqué del incremento registrado en el número de accidentes que se producen por esta causa, aunque en muchos casos sea el error humano el motivo.



En este punto es dónde los ingenieros deben volcar todos sus conocimientos, planeando, estudiando, proyectando, construyendo, administrando y gestionando cada vez mejores sistemas viales.

Según un estudio del Foro Económico Mundial, el país tiene la mejor calidad de vías en carreteras de América Latina. El Informe Global de Competitividad 2015-2016 coloca a Ecuador en el puesto número 25 a nivel mundial con respecto a la calidad de carreteras. En el mundo, primero está Emiratos Árabes Unidos y segundo está Holanda.

El informe, basado en la opinión de expertos y técnicos de cada uno de los 140 países se realizó mediante encuestas que califican la infraestructura en transporte incluyendo por vías aéreas, terrestres, ferroviarias y marítimas del 1 al 7 puntos, siendo 7 la calificación más alta por extensión y eficiencia. En el caso, general de todo tipo de transporte, Panamá es el que mejor calificación tiene con 4,7 puntos en el puesto 30 y Ecuador le sigue con 4,2 puntos en el puesto 42. [111]

Ahora, dentro de esta calificación, está la que sólo se enfoca en la calidad de vías de cada uno de los países. En este caso, Ecuador tiene 5,2 puntos en el puesto 25 mundial según el reporte pero lo coloca como el primero en la región. Está seguido por Chile con una calificación de 4,9 puntos. En la Ilustración N° 15 se aprecia este ranking en América.

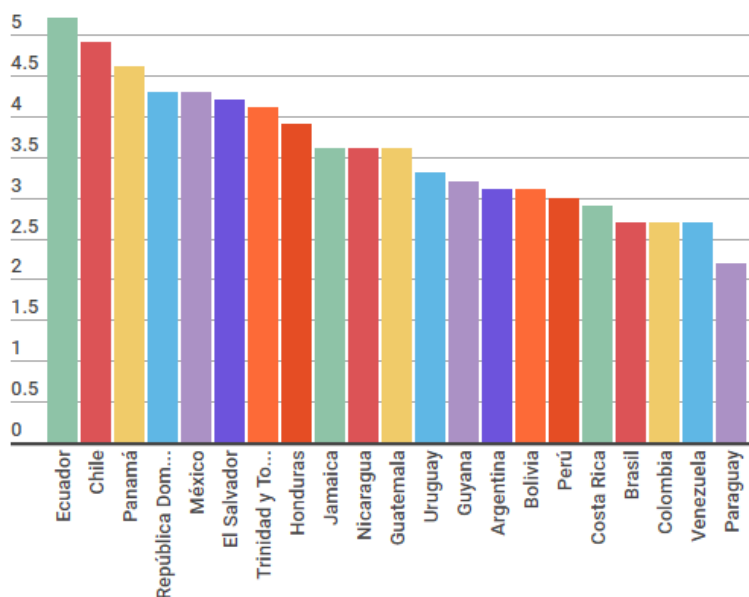


Ilustración N° 15 Ranking de calidad vial en América Latina

Fuente: [111]



Sin embargo, no existe un informe que califique a toda la infraestructura vial de los países. Si bien Ecuador tiene la mejor calidad de vías, para calificarlo como la mejor infraestructura hay que analizar la conectividad, accesos separados en el espacio y los tipos de recorridos. Lo cierto es que tener buena calidad de vías es muy cercano a tener buena infraestructura vial.

Se estima que la mala gestión de las redes viales de América Latina y el Caribe causa un aumento innecesario de los costos de operación de vehículos, que equivale entre el 0,5 y el 1% del Producto Geográfico Bruto<sup>6</sup>. Además, ocasiona una pérdida anual del patrimonio vial, que se estima en unos 3.000 millones de dólares. [112]

### **3.2.2. Modalidades de conservación en Ecuador**

Las instituciones que se hacen cargo de la gestión para la conservación de las carreteras bajo su jurisdicción para alcanzar resultados predeterminados implica la responsabilidad de programar y materializar las obras físicas necesarias para ello. Dado que éstas no hacen a la esencia misma de la gestión, sino que son consecuencia de ella, su ejecución, en sus diversas facetas, puede encomendarse a empresas especializadas o a unidades internas claramente identificadas. La contratación o tercerización de las obras físicas está siendo adoptada cada vez con mayor frecuencia por los organismos viales. Algunas han llegado a contratar todas dichas actividades. La contratación ha sido un intento de aumentar la efectividad, lo cual, en términos generales, no se ha logrado. No siempre se han podido constatar ahorros en relación al trabajo por administración, en parte porque los alcances de las obras no siempre han sido los mismos y también por falta de estudios de costos reales por administración en el país [113] [114] [22].

- **Administración directa**

Se entiende por administración directa todas las actividades que realiza la institución responsable del mantenimiento en la red bajo su jurisdicción desde la planificación hasta su ejecución utilizando recursos financieros, de talento humano, equipos y herramientas propios.

---

<sup>6</sup> El **Producto Geográfico Bruto** es el valor monetario de los bienes y servicios producidos en la economía de una región, en un año determinado, permitiendo conocer su estructura económica. De esta forma constituye el principal indicador para medir la actividad económica y conocer su evolución a través del tiempo



Toda obra pública demanda la realización de las siguientes etapas: Pre factibilidad, Factibilidad y Evaluación, Financiación, Diseño, Modalidad de Ejecución, Construcción y Mantenimiento. [115]

La división de los proyectos en etapas tiene por objeto el que su estudio sea progresivo, analizado, y corregido. El detalle y complejidad de cada una de las fases estarán directamente relacionados con la magnitud e importancia del proyecto.

La administración directa es una modalidad típica de la mayoría de las instituciones gubernamentales encargadas de la conservación vial en el Ecuador.

Los trabajos por administración directa en la mayor parte de las ocasiones son realizados en zonas de complejidad técnica, en redes no pavimentadas, en sectores de alta demanda política, en sectores con emergencias tanto técnicas como ambientales donde otras modalidades de conservación y contratistas no ven “rendimiento” en los contratos. Pero estas supuestas desventajas en verdad se convierten en los principales fortalecimientos de este modelo de conservación pues se pueden atender sectores alejados a costos razonables. Otra ventaja, es la flexibilidad para la ejecución de tramos pilotos que permitan explorar nuevas tecnologías, metodologías, prácticas, materiales, etc., sin que los riesgos asociados a esas pruebas impidan su realización o aumenten excesivamente los costos cuando las actividades dependen exclusivamente de terceros [22] .

- **Contratación de administradores del mantenimiento vial**

Mediante esta modalidad, ingenieros de alta condición técnica adelantan gestiones y acciones tendientes a conservar y valorizar el patrimonio vial nacional. Cada administrador atiende un sector de carretera, en el cual debe adelantar las siguientes actividades principales [27]:

- Obtención y suministro de datos actualizados sobre el estado de las carreteras.
- Programación, dirección y coordinación de las tareas que realizan las microempresas asociativas.
- Apoyo en la elaboración de programas y presupuestos de las obras requeridas en el sector.
- Ejecución de estudios sobre accidentalidad, capacidad y niveles de servicio, evaluación subjetiva de la rugosidad, inventario de daños de los

pavimentos, cálculo de patrimonio vial, perfiles de vulnerabilidad y diseño de obras menores.

- Apoyo inmediato a la atención de emergencias viales.
- Supervisión de obras contratadas por la institución e interventoría de las microempresas y de la construcción de algunas obras menores.
- Vigilancia del cumplimiento de disposiciones sobre el derecho de vía.
- Participación en los programas de ornato de las vías
- Comunicación permanente con la comunidad y las autoridades locales en asuntos propios de su labor.

En la Ilustración N° 16 se realiza un resumen de las principales características de este tipo de modalidad de mantenimiento

### **Administración del Mantenimiento Vial**

#### **OBJETO DEL CONTRATO**

Administrar en forma permanente, durante un lapso determinado, un sector de carretera, adelantando gestiones y acciones para la correcta conservación del mismo (no incluye la ejecución de obras), a cambio de una remuneración fija mensual.

#### **ASPECTOS FAVORABLES**

- Obtención y suministro de información permanente en relación con el estado de las vías y su operación.
- Comunicación permanente con las comunidades y las autoridades locales.
- Supervisión permanente de las microempresas y capacitación de sus componentes.
- Rápida colaboración en la atención de emergencias viales.

#### **ASPECTOS POR MEJORAR**

- La supervisión técnica del contrato es escasa. La información presentada, aunque abundante, no siempre es digna de confiabilidad.
- La administración central incurre en sobre costos, pues algunas dependencias regionales tienen profesionales subutilizados.
- Hay tendencia de los administradores a sobrevalorar las necesidades de las vías, para salvar su responsabilidad.
- El plazo de los contratos debería ser mayor (2 años) para dar mayor continuidad a las actividades y disminuir la gestión administrativa en la entidad contratante.

#### **Ilustración N° 16 Descripción de los contratos por administración del mantenimiento vial**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22]



- **Contratación del mantenimiento rutinario con microempresas asociativas**

Esta modalidad de contratación es antigua, pues se aplica desde 1984. Se realiza a través de grupos pre-cooperativos de no más de 20 miembros, que aportan mano de obra y herramienta menor para ejecutar, durante períodos de un año, las actividades básicas del mantenimiento rutinario de las vías y disponibilidad para participar en la atención de emergencias viales en la Ilustración N° 17 se presenta un resumen de sus principales características..

### **Mantenimiento rutinario con microempresas**

#### **OBJETO DEL CONTRATO**

Suministro de mano de obra y herramienta menor para ejecutar actividades de mantenimiento rutinario en un sector de carretera, durante un período fijo, a cambio de una determinada remuneración por kilómetro atendido.

#### **ASPECTOS FAVORABLES**

- Atención permanente al mantenimiento rutinario de las vías y a la atención de emergencias.
- Contribución a la generación de empleo para mano de obra no calificada.
- Mejoramiento de la calidad de vida y de la autoestima de los microempresarios.
- Contribución a la conformación de grupos cohesionados y de autogestión, con mentalidad microempresarial.
- Ejemplo para que los entes territoriales apliquen esta modalidad en otros campos de la actividad económica.

#### **ASPECTOS POR MEJORAR**

- La falta de mecanización hace ineficientes algunas tareas.
- A causa de la situación violenta que vive el país, a veces se hace difícil imponer sanciones cuando se presentan incumplimientos.

**Ilustración N° 17 Descripción de los contratos de mantenimiento rutinario con microempresas**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [27] [22] [116]

- **Contratación del mantenimiento periódico por precios unitarios**

Es una de las modalidades más empleadas y se aplica en aquellos tramos de carretera que requieren trabajos de protección, refuerzo (y en ocasiones rehabilitación) y que, debido a sus características técnicas o a restricciones de presupuesto, no se pueden involucrar en programas de cobertura más amplia como el mantenimiento integral o la concesión. El trabajo que se contrata comprende la ejecución, por precio unitario, de diferentes partidas de trabajo referentes al



mantenimiento periódico, de acuerdo con las necesidades reportadas por los administradores de mantenimiento vial y las disponibilidades presupuestales. Las principales actividades cubiertas por estos contratos se refieren al refuerzo o renovación de la calzada, la construcción o reconstrucción de obras de drenaje y la provisión de dispositivos de señalización y control del tránsito automotor en la Ilustración N° 18 se resumen las principales características de esta modalidad.

Mantenimiento Periódico por Precios Unitarios	
OBJETO DEL CONTRATO	Ejecución de trabajos de mantenimiento periódico en un sector de carretera, a precios unitarios, en la cantidad y plazo definidos en el contrato.
ASPECTOS FAVORABLES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se pagan solamente las cantidades de obra realmente ejecutadas.</li><li>• Es posible verificar la calidad de los trabajos mediante procedimientos normalizados.</li><li>• Los precios unitarios son razonables, dado que las partidas de trabajo están bien definidas y la adjudicación del contrato se hace mediante licitación.</li><li>• Iniciación de las obras no requiere tener el proyecto completo</li><li>• Flexibilidad en el aumento de obras</li><li>• Se contra en el control físico de la obra</li><li>• Traspasa al contratista el riesgo por aumento de los costos unitarios</li></ul>
ASPECTOS POR MEJORAR	<ul style="list-style-type: none"><li>• Debido a las deficiencias en los diseños que soportan las obras (los cuales son realizados generalmente por los administradores de mantenimiento vial) exigen cambios recurrentes en las obras por ejecutar, lo que afecta los presupuestos y las metas físicas el contrato.</li><li>• Debido a restricciones presupuestales, las obras contratadas y ejecutadas no siempre satisfacen la necesidades reales de las carreteras.</li><li>• Mejorar los controles técnicos por parte de las interventorías.</li><li>• Debido a restricciones en la ley de presupuesto y en el suministro de los recursos aprobados, la contratación no se realiza con la oportunidad deseable.</li><li>• Discusión por el ajuste de los precios unitarios</li><li>• Requiere definir con exactitud las especificaciones de los trabajos sujetos a cada precio unitario</li><li>• El contratante está sujeto a efectuar controles de calidad</li></ul>

Ilustración N° 18 Descripción de los contratos de mantenimiento periódico por precios unitarios

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22]





- **Contratos de mantenimiento integral.**

Este tipo de contrato combina acciones de mantenimiento periódico y rutinario, con la prestación de servicios a los usuarios. Las obras de mantenimiento periódico, definidas mediante estudios previos, se pagan por precio unitario, mientras las de mantenimiento rutinario se reconocen por cuotas fijas mensuales durante el desarrollo del contrato, siempre y cuando la vía cumpla con los indicadores de estado señalados en los documentos del contrato. Adicionalmente, el contratista está obligado a realizar labores de administrador del mantenimiento, las cuales también se pagan por cuotas fijas mensuales, y a prestar algunos servicios básicos a los usuarios, tales como ambulancia, grúa, servicio sanitario, telefax, etc., los cuales deben ser pagados por éste al contratista de mantenimiento integral, en la Ilustración N° 19 se resumen los principales aspectos de este tipo de contratación de mantenimiento.

### **Mantenimiento Integral**

#### **OBJETO DEL CONTRATO**

Ejecución de trabajos de mantenimiento periódico en un sector de carretera. La distribución de los trabajos por operaciones de distinto tipo delimita bastante bien los cometidos que corresponden a cada tipo de operación así como su abono y medición, en la cantidad y plazo definidos en el contrato.

#### **ASPECTOS FAVORABLES**

- Se garantiza el mejoramiento de una longitud considerable de carretera y su mantenimiento permanente durante un período plurianual.
- La mayor permanencia del contratista en la carretera permite continuidad en el trabajo, con la consiguiente estabilidad laboral y especialización en este tipo de trabajo.
- El Estado se libera de una gran carga laboral y por equipo dispuesto para el mantenimiento de las vías.
- Se obtiene tranquilidad presupuestal, al tener resuelta la financiación durante un período plurianual.
- Se dispone de personal de empresa privada con rápida respuesta para atender los problemas que ocurran en la carretera.
- Se realizan simultáneamente actividades de administración de mantenimiento vial.
- Se mejoran las condiciones de transitabilidad y seguridad de las vías.
- Se brindan oportunos servicios de atención básica al usuario, casi siempre sin costo para éste.
- Se posibilita la innovación tecnológica.
- Los usuarios advierten diferencias favorables respecto.



ASPECTOS POR MEJORAR

- Si los estudios para la definición de las obras de mantenimiento periódico no son completos, se producen modificaciones que casi siempre incrementan los presupuestos o reducen las metas físicas de las obras.
- Incertidumbres en las ofertas, por el desconocimiento de los proponentes del ciclo de evolución del deterioro de las vías y la imposibilidad que tiene el contratista de impedir las sobrecargas vehiculares.
- Desconocimiento inicial de los contratistas de las tareas requeridas para el mantenimiento, lo que hace que las ofertas económicas sean muy variables.
- El plazo para los contratos (2 años) es muy reducido para consolidar el sistema y aprovechar sus beneficios. Es recomendable que el plazo mínimo sea de 4 años.

**Ilustración N° 19 Descripción de los contratos por mantenimiento integral**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22]

- **Contratos de mantenimiento por indicadores de estado**

Mediante este sistema de contrato, se busca que una carretera recién construida o rehabilitada conserve su elevado nivel de servicio gracias a la atención continua de un contratista cuya labor se comprueba a través de indicadores del estado de los diversos elementos del sector objeto del contrato. El contratista está obligado, igualmente, a realizar actividades de administrador de mantenimiento vial. Los servicios a los usuarios tienen las mismas características que en los contratos de mantenimiento integral. Por todas estas actividades, recibe una suma fija mensual durante el plazo del contrato. La atención de emergencias está excluida de dicha remuneración y se reconoce por el sistema de precios unitarios.

Los contratos de mantenimiento vial por niveles de servicio, constituyen una nueva modalidad de conservar las redes viales, donde las decisiones fundamentales en materia de mantenimiento y gestión, son transferidas al contratista.

En esta modalidad de contratos, se distinguen de manera singular cuatro elementos [27]:

- La solución tecnológica corresponde al contratista, quien asume todos los riesgos.
- Importa el resultado; si la solución técnica aplicada funciona, se paga; si falla, se descuenta.
- La verificación del cumplimiento del nivel de servicio o estándar, es fundamentalmente visual y supone el cumplimiento o incumplimiento de las prestaciones de cada mes, deben cumplir con un 90% de índice de servicio.





- Se consolida una cultura de acciones preventivas, facilitándose la oportunidad de detectar problemas en vía, ya que el contratista se posesiona de esta, durante tres y hasta cinco años. Permite al contratista implementar acciones preventivas dentro del mantenimiento rutinario, para evitar el deterioro prematuro de la vía y, consecuentemente el incumplimiento del nivel de servicio que afecta la valorización del mes.

En la Ilustración N° 20 se resumen lo aspectos más sobresalientes de esta modalidad

### **Mantenimiento por Indicadores de Estado**

#### **OBJETO DEL CONTRATO**

Gestionar y ejecutar el mantenimiento de la Infraestructura vial de un conjunto de carreteras de forma de satisfacer ciertos indicadores establecidos en las bases del contrato que garantizan un servicio de carreteras de calidad.

#### **ASPECTOS FAVORABLES**

- Se garantiza el mantenimiento permanente durante un período plurianual.
- La mayor permanencia del contratista en la carretera permite continuidad en el trabajo, con la consiguiente estabilidad laboral y especialización en este tipo de trabajo.
- El Estado se libera de una gran carga laboral y por equipo dispuesto para el mantenimiento de las vías.
- Se obtiene tranquilidad presupuestal, al tener resuelta la financiación durante un período plurianual.
- Se dispone de personal de empresa privada con rápida respuesta para atender los problemas que ocurran en la carretera.
- Se realizan simultáneamente actividades de administración de mantenimiento vial.
- Se mantienen las condiciones de transitabilidad y seguridad de las vías.
- Se brindan oportunos servicios de atención básica al usuario, casi siempre sin costo para éste.
- Se posibilita la innovación tecnológica.
- Se facilita la supervisión del contrato, pues se reducen los controles técnicos sin que ello implique desmejoramientos de calidad.
- Los usuarios advierten diferencias favorables respecto del mantenimiento tradicional.



ASPECTOS POR MEJORAR

- El plazo para los contratos (2 años) es muy reducido para consolidar el sistema y aprovechar sus beneficios. Es recomendable que el plazo mínimo sea de 4 años.
- El sistema requiere que la vía objeto del contrato se encuentre en un elevado nivel de servicio en el momento de ser entregada al contratista. De lo contrario, el contrato deriva hacia la modalidad de mantenimiento integral, con la necesidad de pactar precios unitarios por obras de mantenimiento periódico o rehabilitación no previstas, lo que produce efectos presupuestales adversos y limitaciones en las metas por alcanzar.
- Incertidumbres en las ofertas, por el desconocimiento de los proponentes del ciclo de evolución del deterioro de las vías y la imposibilidad que tiene el contratista de impedir las sobrecargas vehiculares.
- Desconocimiento inicial de los contratistas de las tareas requeridas para el mantenimiento, lo que hace que las ofertas económicas sean muy variables

**Ilustración N° 20 Descripción de los contratos de mantenimiento por indicadores de estado**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22]

- **Contratos de concesión.**

Las concesiones viales significan <sup>[117]</sup> delegar la competencia de mantenimiento y conservación de vías a los particulares para que sea realizado por empresas que acrediten la suficiencia técnica y financiera para cumplir con esta competencia; a cambio de este servicio se establece el cobro de una tarifa fija impuesta a los usuarios que utilizan la vía diariamente

A través de este sistema, un contratista, denominado concesionario, financia total o parcialmente las obras de construcción rehabilitación o mantenimiento de una carretera a la vez que puede ejecutar el diseño de ellas, acomete su construcción y mantenimiento, y opera el proyecto cobrando peajes y, eventualmente, recibiendo aportes de la entidad dueña de la carretera, durante un plazo relativamente largo (unos 15 años) hasta que recupere la inversión. El concesionario está obligado a constituir un fideicomiso que se encarga de la captación y administración de los recursos monetarios del proyecto. Debido a la modalidad de pago, estos contratos sólo resultan atractivos en carreteras con elevados volúmenes de tránsito y previa evaluación financiera. En estos contratos, el mantenimiento es sólo una parte del alcance de los trabajos por realizar. Este modelo de mantenimiento y prevención vial, se



complementa también con otros servicios como el de asistencia médica, auxilio en casos de emergencia, etc.

Sin embargo, uno de los inconvenientes que provoca este modelo es que al tratarse de un servicio privado, muchas de las veces el cobro de la tarifa es más elevada de lo realmente necesario, se busca la rentabilidad de la empresa en el menor tiempo posible. Por ello que la competencia esta delegada en forma temporal siendo el estado el titular de las vías concesionadas.

Uno de los principales problemas que afronta este tipo de modelo de mantenimiento es la ideología al “no pago a los peajes” por cuanto es la obligación del Estado solventar este servicio.

Como se había indicado, este modelo de gestión se implementa para las vías de carácter nacional por cuanto resulta más rentable; mientras que para las carreteras de segundo y tercer orden y los caminos vecinales el Estado tenían que seguir solventando directa o indirectamente su mantenimiento. Los consejos provinciales de la misma forma dentro de sus competencias las vías interprovinciales y los municipios las vías internas e inter-cantonales

### Concesión vial

#### OBJETO DEL CONTRATO

Contrato a largo término entre el Estado y un Concesionario que asume la responsabilidad del financiamiento, construcción y mantenimiento de una carretera y su operación por peaje, a través del cual recupera parcial o totalmente la deuda y el capital de riesgo invertido en el proyecto

#### ASPECTOS FAVORABLES

- Obtención inmediata de recursos para la ejecución de las obras.
- Se materializan obras cuya ejecución no hubiese sido posible con el presupuesto oficial.
- Se garantiza el mantenimiento permanente durante un período plurianual.
- La mayor permanencia del contratista en la carretera permite continuidad en el trabajo, con la consiguiente estabilidad laboral y especialización en este tipo de trabajo.
- El Estado se libera de una gran carga laboral y por equipo dispuesto para el mantenimiento de las vías.
- Se dispone de personal de empresa privada con rápida respuesta para atender los problemas que ocurran en la carretera.
- Se realizan simultáneamente actividades de administración de mantenimiento vial.
- Se mantienen las condiciones de transitabilidad y seguridad de las vías.
- Se brindan oportunos servicios de atención básica al usuario, casi siempre sin costo para éste.
- Se posibilita la innovación tecnológica.
- Se facilita la supervisión del contrato, pues se reducen los controles técnicos durante el período de operación, sin que ello implique desmejoramientos de calidad.
- Los usuarios advierten diferencias favorables respecto del mantenimiento tradicional



**ASPECTOS POR MEJORAR**

- La asunción de riesgos técnicos y comerciales por parte del Estado tiene efectos muy negativos sobre las finanzas públicas.
- Los precios unitarios de las diversas actividades son muy superiores a los que se pagan por las mismas obras en los sistemas tradicionales de contratación.
- Incertidumbres en las ofertas, por el desconocimiento de los proponentes del ciclo de evolución del deterioro de las vías y la imposibilidad que tiene el contratista de impedir las sobrecargas vehiculares.
- Desconocimiento de los contratistas de las tareas requeridas para el mantenimiento, lo que hace que las ofertas económicas sean muy variables.
- La incertidumbre a mediano plazo ante las condiciones de inseguridad reinantes en el país aumenta el valor de las ofertas.
- Tendencia permanente de los concesionarios a descuidar el mantenimiento de la vía y centrar su atención en la ejecución de obras nuevas.
- Desatención del mantenimiento de puentes y obras de arte
- Los peajes son excesivos por la complejidad de las obras por ejecutar y los escasos volúmenes de tránsito en las vías provinciales.
- El usuario no obtiene ninguna compensación ante los incumplimientos del concesionario durante el desarrollo del contrato.
- Por las cuantías de las sumas en juego, los aspectos jurídicos y financieros se tornan más importantes que los técnicos y, además, hay riesgos de conflictos que, según la experiencia, resultan adversos para el Estado y, consecuentemente, para todos los contribuyentes.
- El Instituto Nacional de Vías no posee visión estratégica a largo plazo y por ello en algunos casos se ha involucrado al Estado en compromisos insostenibles, a cambio de dividendos políticos inmediatos.

**Ilustración N° 21 Descripción de los contratos de mantenimiento vial por concesiones**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22] [117]



A continuación en la Tabla N° 39 se puede observar un breve análisis de los diferentes modelos de contratación, sus fortalezas y debilidades:

MODALIDAD	ABARCA LOS DOS TIPOS DE MANTENIMIENTO	DURACIÓN PLURIANUAL	ESPECIALIZACIÓN EN LABORES	LIBERA CARGA AL ESTADO	RESPONDE A EMERGENCIAS	REALIZA ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN Y CONSERVACIÓN	CONTRATA CON UN SOLO OPERADOR MTO. RUTINARIO Y PERIÓDICO	DE ACUERDO AL TRÁFICO DE LA VÍA	POSIBILITA VARIACIONES EN EL PRESUPUESTO	TOTAL
ADMINISTRACIÓN DIRECTA	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	6
ADMINISTRADORES DEL MANTENIMIENTO VIAL	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	6
MANTENIMIENTO RUTINARIO CON MICROEMPRESAS	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	3
MANTENIMIENTO PERIÓDICO POR PRECIOS UNITARIOS	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	3
MANTENIMIENTO INTEGRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	9
MANTENIMIENTO POR INDICADORES DE ESTADO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	8
CONCESIÓN	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	8

**Tabla N° 39 Comparación entre las principales modalidades de contratación para mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [27] [22] [117]





### 3.3. PLAN MAESTRO NACIONAL DE VIALIDAD DEL MTOP

La Red Vial Estatal está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas como única entidad responsable del manejo y control, conforme a Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, publicado en el Registro Oficial No. 998 del 5 de mayo del 2017. La Red Vial Estatal está integrada por las vías primarias y secundarias. El conjunto de vías primarias y secundarias son los caminos principales que registran el mayor tráfico vehicular, intercomunican a las capitales de provincia, cabeceras de cantón, los puertos de frontera internacional con o sin aduana y los grandes y medianos centros de actividad económica. La longitud total de la Red Vial Estatal es de aproximadamente 9328.63 km como se puede ver en la Tabla N° 28.

La nueva constitución ecuatoriana, publicada en octubre del 2008, en los artículos referentes a gobiernos regionales, gobiernos provinciales, gobiernos municipales y gobiernos parroquiales señala claramente las competencias en cuanto a vialidad dentro de su competencia.

Por tanto el MTOP es máximo rector de la vialidad en el país y principal administrador y responsable de la red vial estatal, es su obligación definir políticas a la que deberán alinearse todos los actores que actualmente administran parte de la red estatal [118] [108].

#### 3.3.1. Objetivos del plan maestro vialidad

Los objetivos definidos por el Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador se clasifican en:

##### *OBJETIVOS GENERALES* [119]

- Fortalecer el rol del MTOP como ente rector del sector vial en el país.
- Asegurar la sustentabilidad de las inversiones realizadas y las necesarias a realizar en los próximos años.
- Garantizar la integridad y la continuidad de la operación y del servicio de la red vial estatal.
- Establecer programas de conservación, consolidación, seguridad vial, optimización, monitoreo y evaluaciones periódicas de desempeño, así como impulsar el desarrollo tecnológico en el área de la vialidad y el transporte para el corto, mediano y largo plazo



### OBJETIVOS ESTRATÉGICOS PLAN MAESTRO VIALIDAD [120]

- Consolidar la red vial nacional.
- Equipar e incrementar el nivel de seguridad vial a la red estatal.
- Conservar eficazmente la red estatal.
- Optimizar el uso operativo de la red.
- Monitorear y evaluar el desempeño de la red.
- Impulsar la investigación en materia de vialidad y transporte
- Incrementar el nivel del servicio de la infraestructura del transporte.
- Incrementar la cobertura de transporte con un servicio de calidad.
- Incrementar el nivel de servicio de la institución MTOP
- Incrementar la seguridad en la operación del transporte.
- Incrementar la calidad de la educación vial.

La estructura del Plan Maestro se encuentra dividida en varias partes, que contemplan lo siguiente [121]:

PLAN MAESTRO VIALIDAD	
SUBDIVISIÓN	OBJETIVOS
PLAN DE CONSOLIDACION DE LA RED NACIONAL	Transferencia del Plan de Caminos Vecinales con su respectivo financiamiento a los Gobiernos Provinciales.
	Implementación física de la señalización de jurisdicción y jerarquía en toda la red estatal.
	Elaboración de inventarios viales y planes de gestión para cada una de las redes provinciales.
PLAN DE SEGURIDAD VIAL DE LA RED ESTATAL	Implementación física de la señalización vertical en toda la red estatal.
	Implementación física de barreras de seguridad en todos los tramos viales que lo requieran.
	Establecer un marco técnico para reglamentar la accesibilidad de las vías de las redes provinciales y cantonales, así como de los desarrollos urbanísticos e industriales que se conectan a la red estatal.
PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA RED ESTATAL	Implementación de un programa de mantenimiento, reparación y reconstrucción de puentes.
	Reprogramar obras en la red estatal de la Costa
	Establecimiento de un programa de gestión que determina el tipo de intervenciones de conservación necesarias en toda la red estatal.
PLAN DE OPTIMIZACIÓN OPERATIVA DE LA RED ESTATAL	Programar las acciones necesarias para dar continuidad a la red estatal.
	Programar intervenciones periódicas para complementar los nuevos enlaces a la Red Estatal con la capacidad necesaria para ofrecer un nivel de servicio adecuado a la demanda estimada del tráfico vehicular futuro.
	Reducir la frecuencia y los altos índices de accidentes; reducir los niveles de congestión vehicular actuales y los previstos, reducir los costos operativos de los usuarios y los conflictos en zonas urbanas.



PLAN DE MONITOREO, EVALUACIÓN Y REGISTRO	Implementación de metodologías de planificación y presupuesto: monitoreo, seguimiento y evaluación
	Verificación de carácter físico y financiero del avance de los proyectos.
PLAN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	PLANES COMPLEMENTARIOS A LOS ANTES MENCIONADOS
PROGRAMA GENERAL DE INVERSIONES	
METODOLOGÍA DE CODIFICACIÓN DE PROYECTOS	

**Tabla N° 40 Estructura del plan maestro de vialidad**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [121]

### 3.4. ESTADO ACTUAL DE LA VIALIDAD EN EL AZUAY

El estado general de la red en el Azuay puede calificarse como bueno a regular, cuando las condiciones climáticas son favorables. Cuando la situación del contexto opera desfavorablemente (básicamente, en períodos de lluvias intensas y/o continuas), el estado se modifica pasando a ser regular. Al desaparecer la causa del deterioro, recupera su condición o estado en forma parcial.

La provincia del Azuay cuenta con 15 cantones y 61 parroquias rurales, la red provincial está compuesta de caminos terciarios que conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de la red nacional y caminos vecinales, de un reducido tráfico [9]. En la Tabla N° 41 se puede observar la cantidad de kilómetros por cantón en la Provincia del Azuay.

CANTÓN		PRIMER ORDEN		SEGUNDO ORDEN		TERCER ORDEN		CAMINOS VECINALES				TOTAL	% DE LA RED
		TRONCALES		INTERCATONALES		INTERPROVINCIALES		CANTONALES		URBANAS			
1	CUENCA	213.70	0.05	140.70	0.04	210.90	0.05	2238.30	0.57	1150.00	0.29	3953.60	0.49
2	SIGSIG							392.99	0.88	52.94	0.12	445.94	0.06
3	CHORDELEG	7.28	0.23	19.23	0.60					5.37	0.17	31.88	0.00
4	GUALACEO			108.31	0.36			65.26	0.22	123.97	0.42	297.54	0.04
5	PAUTE	35.00	0.05	52.02	0.08	311.26	0.47	258.33	0.39			656.61	0.08
6	GUACHAPALA					72.40	0.88			9.78	0.12	82.18	0.01
7	EL PAN	10.30	0.10	11.90	0.12			78.87	0.78			101.07	0.01
8	SEVILLA DE ORO	46.49	0.22	38.40	0.18			60.88	0.29	67.47	0.32	213.24	0.03
9	GIRON		0.00	30.37	0.27	58.81	0.52			24.63	0.22	113.81	0.01
10	SAN FERNANDO			43.69	0.16	91.91	0.33	122.53	0.45	16.37	0.06	274.50	0.03
11	NABON	57.88	0.05	32.88	0.03	50.57	0.04	995.19	0.86	14.04	0.01	1150.56	0.14
12	OÑA	38.08	0.26	108.50	0.74							146.58	0.02
13	SANTA ISABEL	67.60	0.22	186.68	0.60	38.27	0.12	17.45	0.06			310.00	0.04
14	PUCARA	25.00	0.13	30.00	0.16	120.65	0.64			14.12	0.07	189.77	0.02
15	PONCE ENRIQUEZ	7.44	0.06					99.59	0.83	12.66	0.11	119.69	0.01
	TOTALES	508.77	0.06	802.68	0.10	954.77	0.12	4329.39	0.54	1491.35	0.18	8086.97	1.00

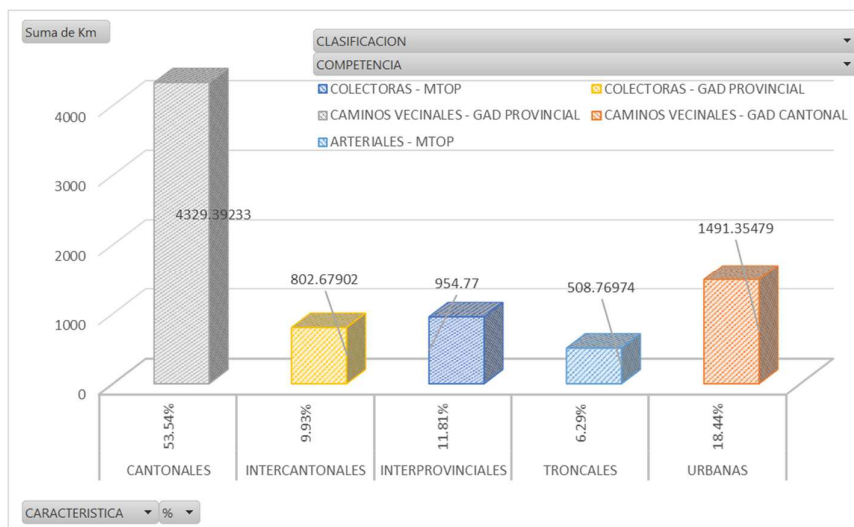
**Tabla N° 41 Distribución vial en la provincia del Azuay**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

Como se indicó en la Ilustración N° 14 la mayor parte de la vialidad se encuentra a cargo de los Gobiernos Provinciales, seguidos por los Gobiernos Municipales, en la Provincia del Azuay esta relación se mantiene como se puede observar en la



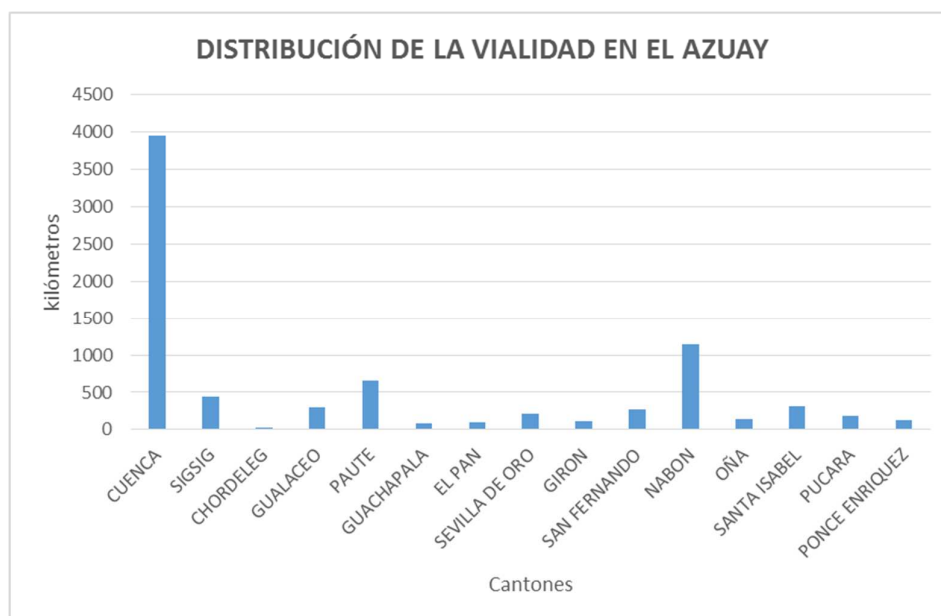
Ilustración N° 22 cerca de los 4400 kilómetros de vías existentes en la provincia del Azuay son de competencia del Gobierno Provincial, seguido de cerca por las Municipalidades con aproximadamente 1500 kilómetros de vías.



**Ilustración N° 22 Distribución de la vialidad del Azuay según competencia y función**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

En la Ilustración N° 23 se puede apreciar la distribución de la vialidad por cantones en la provincia donde claramente se observa que la mayor vialidad se encuentra concentrada en la ciudad de Cuenca.



**Ilustración N° 23 Distribución vialidad en los cantones del Azuay**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]



En la Tabla N° 42 se aprecia que la mayoría del sistema vial provincial lo constituyen caminos vecinales a nivel de afirmado, únicamente las vías de acceso principal tienen tratamiento a nivel de D.T.S.B. o Carpeta Asfáltica. La red vial provincial no han tenido un tratamiento adecuado y se han deteriorado por el uso, al pasar del tiempo y la falta de mantenimiento preventivo y de conservación; debido a la falta de presupuesto suficiente para el mantenimiento permanente de dicho sistema vial, así como la falta de colaboración de la ciudadanía en su prevención, sin dejar a un lado de unas correctas políticas de Mantenimiento.

TIPO DE CALZADA	km	%
PAVIMENTADA	1458.08	18.03%
MAT. MEJORAMIENTO	5821.00	71.98%
TIERRA	807.89	9.99%
<b>TOTAL</b>	<b>8086.97</b>	<b>100%</b>

Tabla N° 42 Distribución de la vialidad en la provincia según su tipo de calzada

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [9] [10]

La tendencia en la provincia del Azuay apunta claramente hacia el deterioro progresivo de las redes viales. En un rápido análisis de la situación vial actual se clasifica con fines de entender de manera global la situación de las vías en la Provincia en los siguientes grupos [112]:

Grupo 1: Vías **“destruidas”**: Con el pasar del tiempo, el cambio de diferentes gobiernos, conjuntamente con el déficit presupuestario de las instituciones responsables del mantenimiento vial rural, vías pavimentadas que en algún momento fueron construidas y que no han sido mantenidas adecuadamente, al momento su estructura está seriamente dañada. Algunas de estas vías, en algún momento se les brindo mantenimiento temporal, para remediar sus fallas más obvias y superficiales y para facilitar temporalmente su uso; estas medidas no remediaron las fallas estructurales de fondo. Para caminos como éstos, cuya estructura básica está fallada y cuyo uso resulta difícil, caro y peligroso, sólo cabe la reconstrucción parcial o completa, a un costo equivalente a más de 50% del valor de una vía completamente nueva.

Grupo 2: Vías en **“punto crítico”**: Vías que están llegando a un punto crítico en su vida útil y que necesitan obras de refuerzo de superficie a corto plazo para poder



sostener intacta su estructura básica durante un período de varios años más. Estas obras tienen un costo de entre 5 y 20% del valor de un camino nuevo, sólo una pequeña parte de estas vías podría ser ejecutada con los niveles presupuestarios actuales, lo que significa que gran cantidad de los caminos se deteriorarán sin que exista la posibilidad real de una intervención. De ese modo, pasarán paulatinamente al primer grupo, si no se hacen los refuerzos de superficie necesarios para evitar que se siga destruyendo la estructura básica. A pesar del desgaste de superficie, muchos de los caminos correspondientes a este grupo tienen un aspecto bastante aceptable, por lo que la gran mayoría de los usuarios no perciben lo crítico de la situación.

Grupo 3: Vías **“en desgaste acelerado”**: Existe otra gran cantidad de caminos que, con un mantenimiento adecuado y continuo, deberán ser reforzados en algunos años más, a fin de compensar su desgaste normal. Sin embargo, como consecuencia del insuficiente mantenimiento actual, o de las deficiencias técnicas de su construcción inicial, o de una combinación de ambas causas, estos caminos se encuentran en un proceso de desgaste acelerado y necesitarán que se refuerce la superficie en un tiempo bastante más corto de lo previsto. Al igual que en el grupo anterior, los caminos con estas características tienen un aspecto bueno, y sólo los especialistas e ingenieros viales pueden detectar los signos de “desgaste acelerado”.

Grupo 4: Vías **“aseguradas”** Son carreteras que están incluidas en un programa de conservación adecuado, que ha sido adaptado a las variables de tránsito, clima, tipo de camino, y otras. La conservación de estos caminos cuenta con un financiamiento asegurado a largo plazo; las actividades de conservación se efectúan en forma profesional y con altas normas técnicas, la cantidad de caminos que se podrían agrupar en esta categoría es increíblemente pequeña y en algunos casos nula.

### 3.5. DIAGNÓSTICO SOBRE LA GESTIÓN VIAL RURAL EN EL AZUAY

Para presentar una propuesta de solución sobre la gestión de conservación de los pavimentos de la red vial rural es muy importante la identificación de un diagnóstico, esta parte del proceso, es esencial para implementar un buen resultado. Si el diagnóstico está deficiente, la respuesta no es la adecuada.



Como primera etapa del diagnóstico, se identifica las características de la red, posteriormente la forma actual de administración de la institución responsable del mantenimiento rural y los recursos materiales. Paralelamente, se va investigando la situación financiera y los recursos humanos así como los tecnológicos, involucrados en la conservación y mantenimiento de la red vial. Después de analizar los diversos factores que pueden afectar la gestión de la red vial se presenta, el esquema que permite tener un panorama más amplio de esta problemática.

Los principales problemas que enfrentan las instituciones en el Azuay se clasifican en la siguiente manera:

### ***Organizacionales***

Aunque las instituciones dentro de sus organigramas presentan departamentos de Vialidad u Obras Públicas, Planificación, Fiscalización y Financiero; todas ellas trabajan independientemente sobre todo las tres primeras, entendiéndose una desvinculación en la organización del Mantenimiento.

Concepto múltiple de misión: La misión es interpretada de tres formas: como mantener el estándar de caminos, mantener el patrimonio vial y entregar conectividad, la proliferación de múltiples conceptos de misión se funda en la ausencia de metas y prioridades basadas en acuerdos, condiciones, acciones y formas de verificación que midan el cumplimiento de la misión.

### ***Funcionales***

Dentro de la estructura organizacional de la mayor parte de las instituciones no cuentan con departamentos o personal que se encarguen de realizar los estudios necesarios que permitan definir las políticas y programas en materia de planeación y conservación de la infraestructura vial, y mucho menos para la ejecutar un seguimiento de los mismos.

Planificación de largo plazo: El rumbo de las instituciones está definido por sus metas, objetivos, políticas, misión y visión. Todos estos aspectos están relacionados con la planificación a largo plazo que permita cumplir las metas y llegar al lugar o la condición que se define mediante la visión.

En el caso del Azuay, se ha detectado que las instituciones encargadas carecen de planificación a largo plazo, se debe recordar que las vías son diseñadas para periodos comprendidos entre los 10 a los 40 años, en este tiempo es cuando se realiza



el análisis del impacto que posee la conservación vial que se realiza y se aprovecha para ajustar modelos y parámetros para calibración de fórmulas, de igual manera se realiza un histórico de las intervenciones ejecutadas y de las decisiones tomadas en ese momento para poder evaluarlas y reestructurar de ser necesario. Con esto se desea plasmar que las instituciones no poseen la capacidad de evaluar, registrar, comparar y calibrar los diferentes planes y estrategias que utilizan para el mantenimiento vial.

La planificación realizada en cada entidad consiste en planes quinquenales de inversión (período de 5 años), así como planes anuales institucionales (período de 1 año).

Con esta manera de planificación, resulta muy complicado evaluar la eficacia de un plan de intervención vial puesto que como se indicó anteriormente la vida útil de un pavimento oscila entre los 15 – 20 años, siendo el período de 5 años ni el 50 % de la vida útil de éstos.

Además, por la ausencia de una planificación adecuada, se presentan eventos inusuales que las instituciones han catalogado como emergentes, pero en realidad corresponden a la ausencia de conservación vial adecuada y oportuna.

Ausencia de estrategia de largo plazo: La gestión de las entidades encargadas del mantenimiento vial rural (cantonales / provincial) carecen de una estrategia de largo plazo para la recuperación de la red vial provincial.

Una estrategia es un conjunto de políticas y acciones planificadas para conseguir las metas y objetivos de la organización. Una correcta estrategia se basa en determinar:

- Objetivos corporativos
- Misiones y metas que se haya definido la institución
- Diagnóstico de la situación

El enfoque actual que tienen las instituciones en la provincia del Azuay se basa en un cuadro de Gestión Reactiva popularmente conocido como, reparar-cuando-falle o en atender “lo malo primero”, esta forma de atención vial ha llevado a las instituciones a la desatención en la conservación de vías en buen estado.



En el caso del Azuay, no hay una estrategia establecida que indique la priorización de las inversiones en la red de carreteras y cómo se realizará la recuperación de la red vial provincial y las mejoras o ampliaciones en ella.

### ***Recursos***

Financieramente, los recursos destinados específicamente al rubro de conservación y mantenimiento vial anualmente son muy limitados, lo cual genera un gran problema para la operatividad de la red, ya que no se puede implementar algún programa de trabajos preventivos, sólo se realizan correctivos. Los recursos no alcanzan a cubrir la gran necesidad de requerimientos por atender. En los últimos años el rubro de conservación y mantenimiento para las vialidades ha incrementado sus deficiencias en el presupuesto, esto debido a que se ha dado prioridad al mantenimiento vial a nivel de lastre o al mejoramiento vial de carreteras consolidadas que ayudan a solventar la creciente demanda de la provincia del Azuay.

Es imposible que un financiamiento asegurado, estable y de largo plazo para la conservación de los caminos pueda basarse en los fondos provenientes del presupuesto fiscal ordinario, sobre todo si las decisiones respecto de ese financiamiento dependen de la discusión política que tiene lugar todos los años sobre la asignación de dichos fondos.

El estado funcional y estructural de los pavimentos que conforman la red vial debido al paso del tiempo y al escaso e ineficiente mantenimiento, presentan severos deterioros que no permiten un funcionamiento adecuado de los mismos. Es muy necesaria una rehabilitación para que en el futuro se pueda implementar un programa de mantenimiento preventivo.

Los trabajos realizados a la fecha en cuanto a conservación rutinaria se complican, debido a que se desconocen las especificaciones y la normatividad a considerar para la ejecución de estas actividades.

Insuficiencia en la asignación presupuestaria: Como es de suponer siempre será poco la asignación por parte del Estado para la atención de la vialidad rural por ejemplo el Gobierno Provincial del Azuay únicamente para mantenimiento vial básico en la Provincia requiere 49 millones de dólares pero las asignaciones del Estado central únicamente llegan a los 36 millones los cuales son distribuidos por la Prefectura en los diferentes frentes de trabajo en el ejercicio de sus competencias,



tales como riego, desarrollo económico productivo, el 10% del presupuesto de los ingresos no permanentes para atención grupos de atención prioritaria determinado por la Constitución, gasto corriente y otros [122].

La cantidad de kilómetros que requieren de mantenimiento versus el presupuesto existente no es equilibrada, no se puede dar la cobertura total como se quisiera a la red vial provincial rural.

Pero aquí también se hace presente una célebre frase “.....los Gobiernos Locales reclaman por más asignación presupuestaria para mantenimiento vial, pero reprueban en Gestión Vial.....” [123]

Precarización tecnológica: Al momento tanto las juntas parroquiales, Gobierno provincial y gobiernos cantonales poseen inventarios viales desactualizados que sirven de apoyo para destinar los recursos provenientes del estado a las diferentes parroquias de una manera equitativa; por otro lado, estos inventarios no cuenta con la suficiente información para la elaboración de un plan vial que permita categorizar las vías para determinar qué actividades se deben dar para un correcto mantenimiento. Esto ha originado que en la provincia se vean inequidades en cuanto a la distribución de recursos destinados a la vialidad, existiendo pocas parroquias que cuentan con un buen sistema vial y la gran mayoría que tiene problemas de conectividad y movilidad hacia donde se encuentra sus principales equipamientos y áreas de productividad y turismo.

Los equipos y la maquinaria empleada para la ejecución de las labores de mantenimiento no son los adecuados ni mucho menos los más modernos, desafortunadamente la falta de recursos, la nula capacitación del personal y la ausencia de un programa de trabajo donde estén involucrados los responsables de la conservación y mantenimiento han sido las partes importantes para que no se ejecuten los trabajos de una manera adecuada.

Principal indicador es el gasto presupuestario: no se fortalece el principal indicador como estado del camino, sino se definen otros indicadores que van en más relación con aspectos administrativos antes que con la calidad de la vía y/o servicio al usuario de las carreteras (kilómetros mantenidos al año, puentes construidos al año, etc.). A pesar de señalar estos indicadores, es evidente que el gasto presupuestario



es el indicador por el cual se rinde cuenta a los actores políticos, y en torno a su cumplimiento se organiza las actividades de mantenimiento.

***Político – administrativos***

Los recursos humanos tienen diversos problemas, que limitan el buen desarrollo de los trabajos, principalmente fuertes debilidades de información, conocimiento e investigación vinculadas al campo vial. Desactualización con respecto a la información y al avance del conocimiento teórico y práctico vinculado al campo, la falta de capacitación y la existencia de perfiles que alcanzan a cubrir las necesidades presentadas. Es importante analizar el perfil del personal que integran tanto el departamento de planificación como el de mantenimiento vial, ya que la mayoría de los técnicos son habilitados, con conocimientos básicos, a los cuales no se les capacita para que puedan atender los problemas; en algunas ocasiones su perfil académico los limita.

Políticas inadecuadas en el mantenimiento de las vías: en la Provincia del Azuay se pueden vislumbrar:

- Actividades inadecuadas como por ejemplo el bacheo en la provincia como técnica de conservación de carreteras, es ejecutada de una manera reactiva para de cierto modo calmar las presiones populares e inconformidades que presentan los usuarios y beneficiarios de las vías. El bacheo a nivel Internacional es una actividad de mantenimiento puntual y selectivo. Existe una “regla de oro” utilizada por expertos en el tema: realizar bacheos de 1m<sup>2</sup> como máximo.

- Continuado énfasis sobre la cantidad sin la debida atención a la calidad
- Gestión reactiva o “apaga incendios”
- Falta de incorporación de técnicas y procedimientos modernos en la gestión de pavimentos las instituciones azuayas.
- Por otra parte, en cuanto al mantenimiento de las vías, se ha encontrado una ausencia de estandarización de criterios técnicos sobre el tratamiento a los deterioros de las carreteras.

Un rápido análisis de la situación mencionada es que muchas veces se prefiere realizar obras nuevas ya sean estas construcciones (aperturas viales) o mejoramiento de caminos afirmados, dejando a un lado una correcta implementación de un programa de mantenimiento que a largo plazo genera ahorros significativos para la





institución y mantiene un nivel aceptable de condición de la calzada, es así que se puede observar que la relación de costos entre la rehabilitación vial y un programa de mantenimiento rutinario y periódico es de 2.94% como se puede observar en la Tabla N° 43.

TIPO DE MANTENIMIENTO	COSTO/ Km	FRECUENCIA DE INTERVENCION	COSTO / Km / AÑO
MANTENIMIENTO RUTINARIO (MR)	\$ 2,163.45	1 AÑOS	\$ 2,163.45
MANTENIMIENTO PERIODICO (MP)	\$ 47,835.97	5 AÑOS	\$ 9,567.19
TOTAL MR & MP			\$ 11,730.64
REHABILITACION	\$ 275,594.76	8 AÑOS	\$ 34,449.35
AHORRO ANUAL DE LA INSTITUCION APLICANDO MANTENIMIENTO ADECUADO			\$ 22,718.70
RELACION DE COSTOS REHABILITACION VS. MANTENIMIENTO MR & MP			2.94%

**Tabla N° 43 Mantenimiento rutinario – periódico vs. Rehabilitación vial**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [124]

En consecuencia, mientras las decisiones sobre la gestión y la conservación de la red vial sigan adoptándose como hasta ahora, con un claro predominio de los intereses políticos, es poco probable que el deterioro de los caminos de la provincia pueda ser detenido.

### **Normativos**

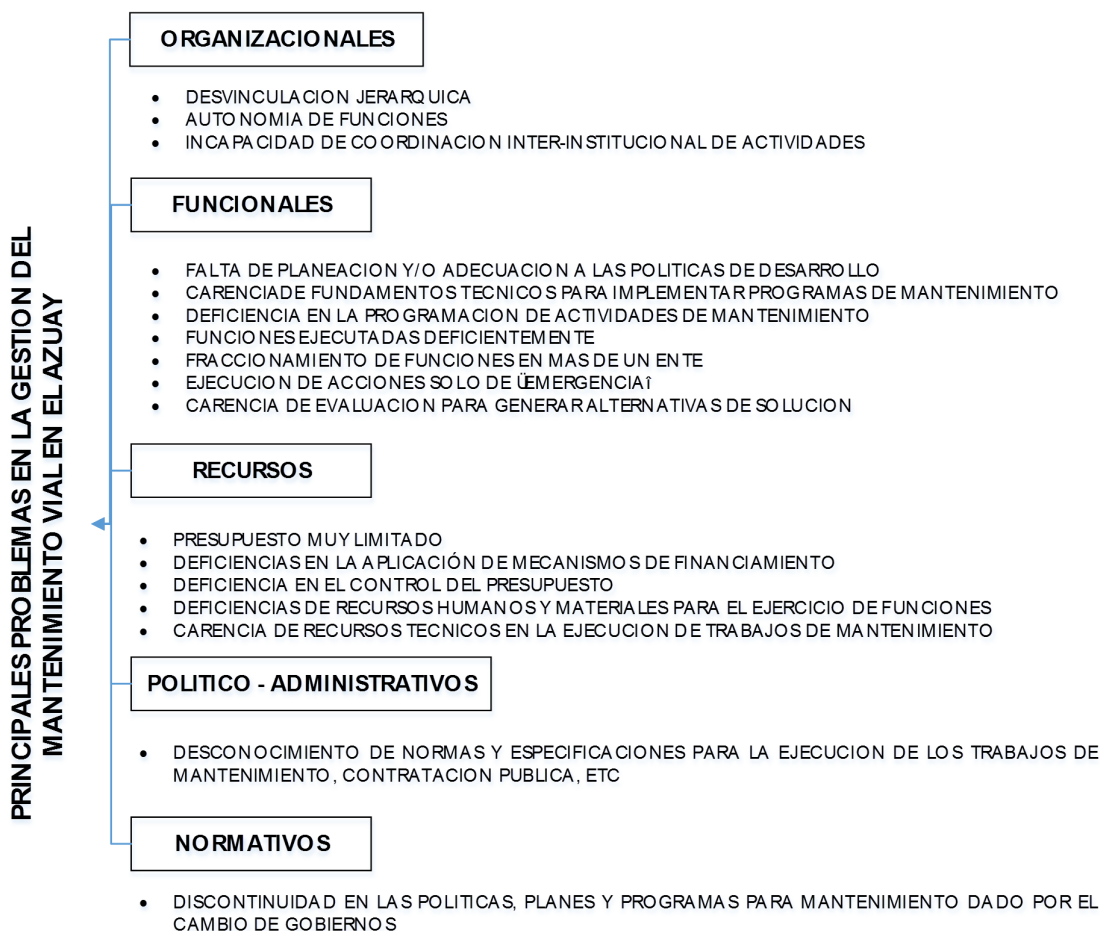
Por último, la sostenibilidad del mantenimiento está siempre ligada a la voluntad o decisión política de los niveles más altos de la administración. Sin esa férrea voluntad, convenientemente transmitida a los diferentes niveles gerenciales, será imposible recrear el círculo vial virtuoso y mantenerlo en el tiempo.

Hace falta el conocimiento adecuado para saber qué es necesario hacer, hace falta capacidad para saber cómo hacerlo, pero indudablemente se necesita la voluntad para llevarlo a cabo.

Evitar en la medida de lo posible un cambio constante de responsables viales en todo nivel jerárquico, la mantención de profesionales en lo largo del tiempo contribuye a la formación de políticas claras y estables, en el mediano y el largo plazo, la formación de equipos de trabajo consolidados con el tiempo contribuye notablemente al logro de la cultura organizacional necesaria para la gestión vial y particularmente para la gestión del mantenimiento de la red, facilita la necesaria sistematización y estandarización de ciertas actividades, hace más efectiva la tarea y mejora los aspectos comunicacionales necesarios hacia el exterior de la organización.



En la Ilustración N° 24 se presenta un resumen de la problemática Provincial en torno a la vialidad.



**Ilustración N° 24 Esquema de la problemática provincial**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada

### 3.6. MODELO DE GESTIÓN ACTUAL DE LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS PAVIMENTADOS

La determinación de las actividades de conservación en los caminos pavimentados las define cada Institución rectora de su competencia, disponiendo para ello de las modalidades de conservación indicadas y un marco presupuestario anual disponible para dichos propósitos. Cada institución, escoge de manera individual qué proyectos y bajo qué modalidad los va a desarrollar, pero que en forma general responden a los criterios siguientes:

- De acuerdo a necesidades y antecedentes técnicos, económicos y socio-políticos.
- Priorización no parametrizada.



- 
- Decisiones a través de Equipo Multidisciplinario.
  - Decisiones a través de participación social o comunitaria

Este tipo de planificación y programación no es sana para ninguna institución competente de la vialidad es por ello que este esquema se debe cambiar a uno con análisis técnico con la selección de caminos a intervenir responda a un análisis técnico-económico, bajo la aplicación de criterios aquí expresados y posiblemente con la adquisición de una herramienta para la gestión vial de uso frecuente en esta área, como el Software HDM-4 “Highway Development and Management”, auspiciado por el Banco Mundial.

### **3.7. NECESIDAD DE UNA ESTRATEGIA PROVINCIAL DE CONSERVACIÓN**

El Plan de Gestión Vial de la provincia del Azuay nace como la necesidad de contar con una herramienta de planificación para la gestión y administración de las vías de su competencia, que hasta el presente año es de 8086.97 kilómetros [9] [10]. Para llegar al convencimiento de la necesidad de reunir las tareas de la conservación de una red vial en un conjunto sistematizado, al que pueda darse el nombre de estrategia, parece conveniente ponderar los siguientes hechos:

1. Se necesita realizar la toma de decisiones de intervención en base a datos existentes.
2. Existe un hecho innegable de que la conservación de la red nacional frecuentemente ha quedado favorecida en relación a una dedicación preponderante a tareas de construcción de nuevas obras; fenómeno generalizado en todos los países que buscan acceso a un rápido desarrollo, aunque no se ignore el hecho de que trabajar para lo nuevo tiene muchos aspectos más gratificantes que conservar lo que ya adquirido.
3. Se da la circunstancia de que la red provincial, ha crecido muy por encima de lo que es posible administrar con métodos tradicionales.
4. La gran extensión de la red y al enorme volumen de los recursos necesarios para su conservación, hacen también muy delicado y conflictivo el empleo de tales recursos. Hay que reconocer que el volumen de la información manejada está por encima de la capacidad de cualquier ser humano, para manejarla en forma selectiva y jerarquizada.



5. Falta crónica de financiamiento para labores de gestión vial, en donde la conservación es elemento importante.
6. La limitada eficacia, eficiencia y efectividad de los organismos viales por falta de sistemas de gestión vial adecuados.

Todo lo anterior impone la necesidad de elaborar un sistema coherente, manejando la información con los recursos tecnológicos y estableciendo mecanismos de selección y evaluación de carácter impersonal y solo dependiente en lo general de los datos proporcionados por la información misma. Cada carretera y cada tramo característico deben ser tratados con el mismo criterio general, evitando todo tipo de desviaciones por inclinación personal o sentimiento.

### **3.8. BASES PARA UNA ESTRATEGIA PROVINCIAL DE CONSERVACIÓN**

Todo profesional, conectado con la vialidad, reconoce la importancia fundamental de una buena solución; la importancia del asunto es tal, que la ausencia de un objetivo esencial crea un vacío que ha de ser llenado inmediatamente de alguna manera. A llenar tal vacío suelen concurrir motivos menos relevantes para guiar las acciones de conservación y dirigir la asignación de sus recursos. Así, las acciones y quejas de las comunidades más activas, las de los grupos políticos locales más influyentes, la opinión general del público usuario, las manifestaciones de los medios informativos y otras, suelen ser importantes motivantes de acciones de conservación.

Todo ello conduce a ciertos niveles de confusión y a vacilaciones en la aplicación de un verdadero concepto estratégico, a escala provincial.

En el Azuay, donde se busca un desarrollo armónico, la generación de la riqueza y una adecuada distribución social y la máxima activación económica, parece que el objetivo único de una política de conservación de la red básica de carreteras debe ser “optimizar las vías de producción”; a ello deben ceñirse todas las acciones de estrategia. El anterior objetivo, único que se ha propuesto, tiene la virtud adicional de la sencillez, pues las acciones con objetivos múltiples suelen caer en frecuentes dilemas que entorpecen la acción fundamental. Para lograr el objetivo enunciado, deben buscarse caminos apropiados; pero, si en busca de la perfección y del detalle, éstos son muchos, se correrá también el riesgo de caer en la confusión, la vacilación y la duda.

Sin duda alguna se requiere un compromiso desde los más altos mandos institucionales para:

1. Cambiar el antiguo modelo de “Gestión Vial” de gestión reactiva por gestión proactiva (Ilustración N° 25), generalmente en nuestro medio la atención de “lo malo primero” o de atender situaciones “emergencia”: conllevan a las instituciones a tener elevados costos y lo peor aún los trabajos realizados no son eficientes en el tiempo este tipo de modelo debe de ser sustituido por un modelo de mantenimiento preventivo donde se mantengan niveles de servicio razonables para los usuarios y beneficiarios de las vías, lo que va a producir una baja en los costos de mantenimiento y para los usuarios llegando a tener una red de pavimentos en buenas condiciones.

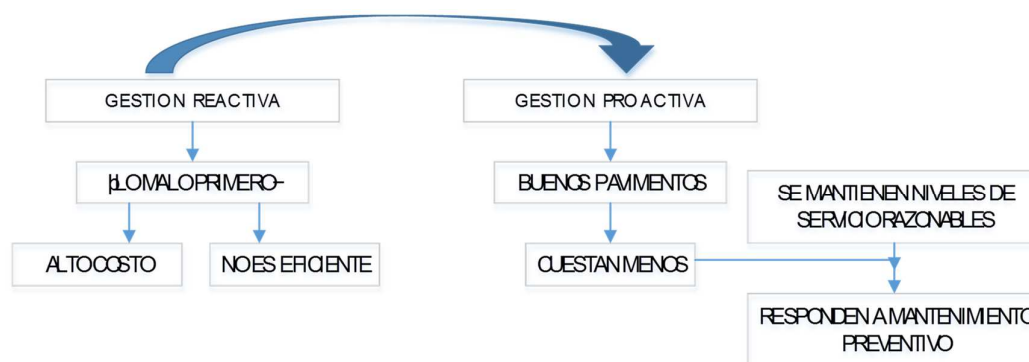


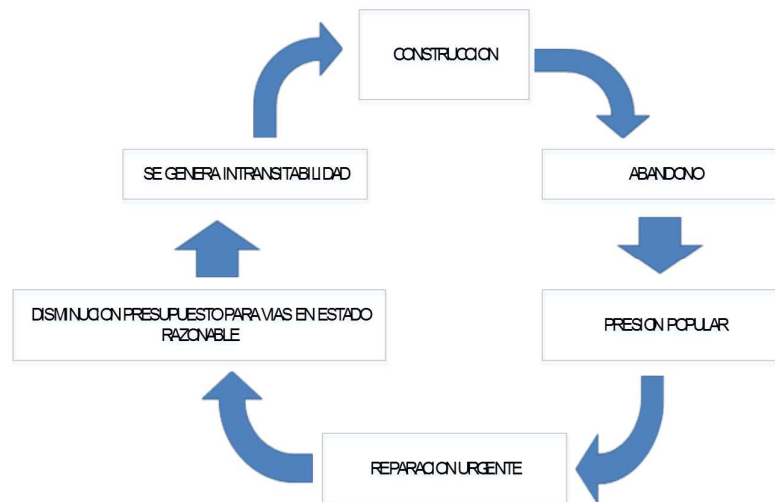
Ilustración N° 25 Gestión reactiva vs. Gestión proactiva

La gestión proactiva está centrada en la aplicación de una gestión que privilegie el actuar con criterio preventivo. Cambio de “actuar para reparar lo dañado por el de actuar para evitar que se dañe”. Modificar el quehacer institucional actual en el que prevalecen las acciones correctivas por el que prevalezcan las acciones preventivas.

2. Romper el círculo vicioso relacionado con la Gestión Reactiva para asumir un ciclo virtuoso.

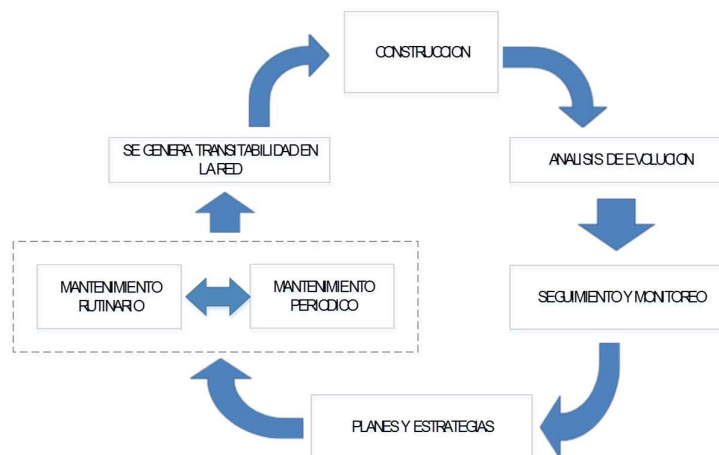
Un camino está diseñado para un número determinado de años, lo que lleva a que muchos profesionales, supongan, equivocadamente, que durante ese periodo de vida la carretera no tiene la necesidad de ser mantenida, sino reconstruida después del periodo de diseño, estas suposiciones conllevan al abandono de las vías construidas, al punto de provocar molestias a los beneficiarios y usuarios de los caminos quienes se ven en la necesidad de exigir a las autoridades las reparaciones emergentes por la falta de un adecuado mantenimiento, como es

lógico de pensar esas reparaciones “emergentes” conllevan gastos “no contemplados” extraídos de otros proyectos viales formando de esta manera un déficit vial y la intransitabilidad en el sector, en la Ilustración N° 26 se puede apreciar este círculo vial vicioso.



**Ilustración N° 26 Círculo vicioso de la vialidad**

En lo contrario a un círculo virtuoso donde la construcción de la carretera conlleva sus responsabilidades financieras, al igual que los entes responsables realizan un monitoreo de la evolución del comportamiento de la vía con los datos obtenidos se realizan análisis y se plantean estrategias, se da prioridad a criterios técnicos en lugar de criterios políticos dando énfasis al mantenimiento rutinario vial, lo que produce redes viales transitables y en buen estado, en la Ilustración N° 27 se aprecia este círculo virtuoso vial.



**Ilustración N° 27 Círculo virtuoso de la vialidad**

3. La creación de un departamento, necesario para su funcionamiento, se deben considerar al menos los aspectos siguientes:

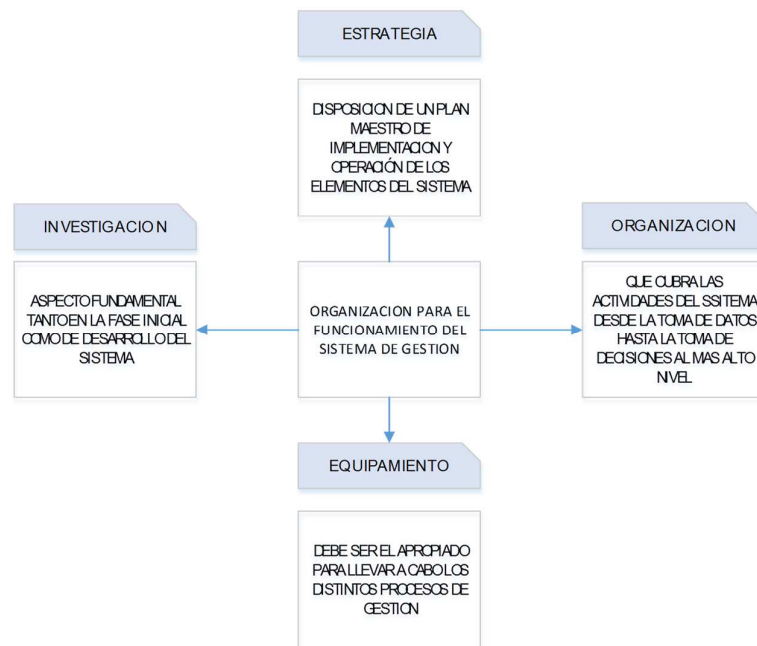


Ilustración N° 28 Aspectos importantes para la implementación de un sistema de gestión

4. La articulación del Sistema de Gestión Vial a las siguientes actuaciones:

INVENTARIO VIAL	Caracterización de la Red que se desea gestionar con todos los activos y elementos de la carretera
INSPECCIONES Y OSCULTACIONES	Recolección programada periódicamente de información cualitativa y cuantitativa del estado del pavimento
EVALUACION	Establecimiento de los índices de estado del Pavimento y definición de Umbrales de actuación.
JERARQUIZACION – PRIORIZACION - OPTIMIZACION	Definir un método de elección de proyectos a ejecutar, generar listas de prioridad, y establecer un orden de aplicación de los recursos disponibles.
ESTRATEGIA – PLANES - PROGRAMACION	Elección de las técnicas de conservación adecuadas según el nivel de intervención y servicio que se desea dar.
SEGUIMIENTO Y EVALUACION	Al final se debe comparar lo Planificado vs. lo ejecutado para medir impactos, calibrar sistema y retroalimentar las estrategias.

Ilustración N° 29 Articulación básica de un sistema de gestión vial

Finalmente, para lograr la implementación de estos sistemas se requiere que se





abarque el aspecto organizacional, de recurso humano y tecnológico; sin embargo, es más importante aún que las autoridades encargadas sean quienes tomen la decisión y directrices necesarias para materializar el Sistema de Gestión Vial en la organización.

Para poder llevar a cabo en una red vial una conservación eficiente es preciso que existan unas directrices políticas bien estructuradas. Es decir, debe haber una política de conservación, que asuma en este punto las inquietudes de la ciudadanía, aunque estas inquietudes estén insuficientemente expresadas o ni siquiera hayan sido expresadas. Lo más habitual es, sin embargo, que la preocupación de los responsables políticos por el estado de las carreteras en servicio sea algo marginal dentro de la política de infraestructuras de transporte. En este sentido, debe quedar claro que una verdadera política de conservación no puede reducirse a una mera declaración de intenciones. Una verdadera política de conservación supone una voluntad y un compromiso expresos, que se deben plasmar no sólo en la planificación viaria, sino en la propia organización de las administraciones públicas correspondientes, en la gestión de la conservación y, en última instancia, en la política presupuestaria. Es decir, se podrá decir que hay una política de conservación sólo si se satisfacen todas y cada una de las siguientes cuatro condiciones [3]:

- Se cuenta con una estructura operativa específicamente dedicada a la conservación. Es importante que esta estructura esté desligada de otras actividades como pueden ser las de proyecto o las de construcción, pues en caso contrario a éstas se les acaba dando una mayor importancia, en detrimento de las de conservación.
- Se han dotado unos medios humanos y materiales suficientemente amplios, destinados de manera permanente y exclusiva a las actividades de conservación. Las actividades de conservación requieren un personal específicamente adscrito a ellas y especializado para las diversas tareas y en los distintos niveles de responsabilidad. Así mismo, hay que disponer de maquinaria, materiales depósitos y talleres, centros de control de las actividades, etc. Aun sin ser necesarios tantos requerimientos como exigen las actividades de explotación propiamente dicha, las de conservación precisan también de una coordinación basada en un adecuado sistema de comunicaciones.





- Se han movilizadounos recursos económicos y financieros destinados de manera estable a la conservación, conocidos con antelación y garantizados por largos períodos de tiempo. Debe considerarse que más grave que el hecho de que los fondos sean escasos es que no haya garantías a medio plazo sobre su disponibilidad real, pues eso impide la planificación de las actividades.
- Se promueve permanentemente el desarrollo de una tecnología específica. La complejidad de los procesos y actividades de conservación requiere disponer de esa tecnología para garantizar los objetivos con un aprovechamiento óptimo de los recursos. Se está haciendo referencia por un lado a la ingeniería especializada en estos temas, y por otro a la gestión, tanto técnica como económica.

### 3.9. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN PROPUESTO

Sistema de Gestión: “conjunto de herramientas o métodos que ayudan en la toma de decisiones para encontrar herramientas óptimas para brindar, evaluar y mantener pavimentos en una condición funcional durante un periodo de tiempo” [125]

Como se ha manifestado en el capítulo anterior, cualquier sistema de gestión se basa en conocer:

#### *EN EL PRESENTE*

- a. ¿Qué gestionar? (inventario),
- b. ¿Cómo está lo que se tiene que gestionar? (valoraciones y oscultaciones técnicas)
- c. ¿Qué indicadores se utilizarán? (prioridades de actuación.)
- d. ¿Qué hacer? (catálogo de actividades)
- e. ¿Para qué? : Planteamiento del contexto y del problema.
- f. ¿A quiénes?: Personas implicadas como destinatarios, a quién va dirigido el proyecto
- g. ¿Con quiénes?: Personas implicadas como responsables.
- h. ¿Dónde? : Lugares y espacios en donde se realizan las actividades.
- i. ¿Cuándo? : Cuadro temporal en el que se realizará.
- j. ¿Cuánto? : Etapas previstas y cantidad de actividades específicas a llevar a cabo.
- k. ¿Cómo? : Técnicas a usar.



- l. ¿Con qué? : Medios e instrumentos con los que se cuenta.
- m. Evaluación: Monitoreo - Evaluación Parcial - Evaluación Final.
- n. ¿Cuánto costará? (límites presupuestarios)

**EN EL FUTURO**

- a. ¿Cómo estará que lo que se gestiona y cuándo hacer? (modelos de deterioro).

Para el presente trabajo de titulación se ha resumido en la Tabla N° 44 los principales requerimientos institucionales y las soluciones que debería poseer el Sistema de Gestión Vial.



REQUERIMIENTOS INSTITUCIONALES	SOLUCIONES PROPUESTAS DEL SISTEMA DE GESTION	MODULO DEL SISTEMA
1 Manipular bases de datos actualizadas y de gran capacidad.	Informatización del Sistema	
2 Identificar que vías hay que conservar	Disponer de un Inventario de Elementos Viales	INVENTARIO VIAL
3 Conocer la condición actual de esas vías.	Efectuar Inspecciones periódicas programadas y sistematizadas.	METODOLOGÍAS DE CAMPO: PCI - IRI - PASER, METODOLOGÍAS DE ESCRITORIO: ÍNDICE DE SERVICIO PRESENTE
4 Catalogar numéricamente el estado del Pavimento.	Traducir los datos obtenidos de las inspecciones a un valor numérico el indicador de Estado.	
5 Considerar factores externos para programación vial.	Analizar el entorno de influencia de las vías a considerar y obtener la clasificación de jerarquía.	JERARQUIZACIÓN VIAL
6 Establacer Limites de Intervencion para el Mantenimiento Vial	Con los Indicadores de Estado se definen los rangos permisibles para dichos parametros.	UMBRALES DE ACTUACIÓN
7 Conocer como debe repararse o rehabilitarse la vía.	Asociar el deterioro detectado con una o varias operaciones o actividades	TAREAS BÁSICAS DE MANTENIMIENTO ASFALTICO
8 Conocer los recursos necesarios para la reparación de la vía.	Disponer de un catálogo de Operaciones, que incluya rendimientos y recursos.	MANUAL DE MANTENIMIENTO VIAL
9 Priorizar los proyectos de intervención.	Ordenar las vías utilizando criterios de priorización y jerarquización.	CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN / ESTÁNDARES DE CONSERVACIÓN
10 Programar, priorizar y optimizar actuaciones	Ordenar las actividades necesarias dentro del Mantenimietno con sus respectivos costos y recursos, hasta los techos presupuestarios.	ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN
11 Seguimiento y Monitoreo de los trabajos ejecutados	Control y seguimiento, informes periódicos, Inspecciones, comparaciones planificadas vs. ejecutadas,etc	INDICADORES DE LA EFICIENCIA DE LA GESTION VIAL
12 Retroalimentación del sistema.	Actualizar el Sistema tras cada actuación, evaluar resultados.	

**Tabla N° 44 Requerimientos institucionales y soluciones del sistema de gestión**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada

Con este breve análisis de requerimientos y soluciones que debe implementar el sistema de gestión a continuación se puede observar la estructuración del Sistema de Gestión Propuesto.

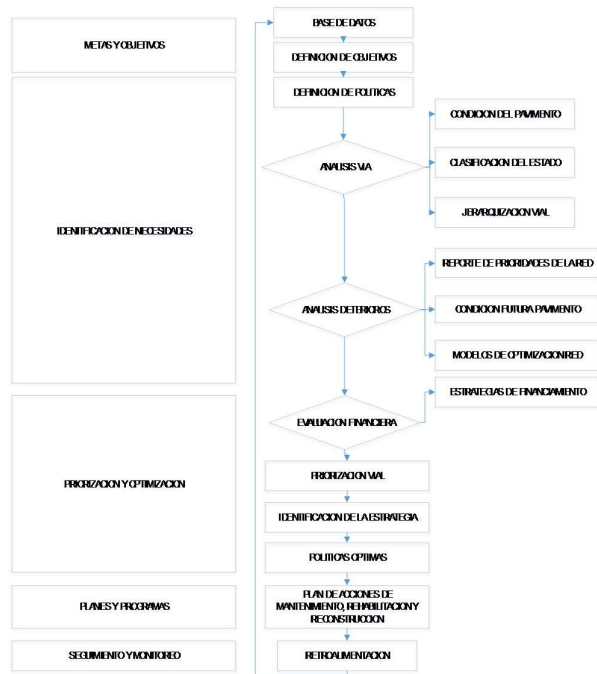


Ilustración N° 30 Estructuración del sistema de gestión propuesto

### 3.9.1. Sistemas de inventario, auscultación y monitoreo de carreteras

Para realizar el inventario de elementos viales y la auscultación de las características superficiales y estructurales del pavimento, se puede recurrir en la actualidad a diversas clases de equipos, en reemplazo de otros considerados obsoletos incluso para nuestro medio a continuación en la Tabla N° 45 un breve análisis de los diferentes métodos para inventario, monitoreo y oscultación de carreteras.

DESCRIPCION	ANTIGUAS TECNOLOGIAS	NUEVAS TECNOLOGIAS
INVENTARIO VIAL	Personal a Pie, con cintas, flexómetros, niveles de mano, clinómetros, etc.	Equipos de inventario con procesamiento de video e imágenes y con el respaldo de equipos de posicionamiento georeferenciado montados en un vehículo en movimiento
OSCULTACION: regularidad longitudinal, perfil trasversal, surcos de huella, fisuras, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad de varias personas recorriendo en un vehículo o aparato manual denominado "Merlin" con un rendimiento de 500 metros por día</li> <li>• Perfil Trasversal cada 20 metros o más con nivel de precisión;</li> <li>• Determinación de surco de huella con regleta y fluxómetro;</li> <li>• Determinación visual de fallas superficiales de la calzada mediante recorridos a pie</li> </ul>	Equipos de medida y recolección de datos de alta precisión de características superficiales montados en un vehículo en movimiento, procesados y controlados por computadora, con un rendimiento medio de 100 Km/día. Hardware y Software de procesamiento rápido en campo y en gabinete.
OSCULTACION: Medida de textura y fricción (hidrodeslizamiento)	Equipos manuales para tomar datos en lugares peligrosos	equipos de medida y recolección de datos de textura y fricción a lo largo de toda la carretera, montados en un vehículo en movimiento.
OSCULTACION: Medida de deflexión (características estructurales del pavimento)	Medida estática con viga Benkelman y camión cargado (12 Km/día)	Deflectómetro de impacto con simulación de carga dinámica de mayor precisión (50Km/día)
Procesamiento de la Información	Manual; hojas de cálculo; programas con limitaciones, sobre la base de datos estimados o inexactos.	Procesamiento digital sobre datos históricos constantemente analizados y actualizados, con monitoreos permanentes
Software para la Gestión de Pavimentos	Con indicadores Limitados	Más amigables, precisos y mayor cantidad de indicadores.

**Tabla N° 45 Comparación entre sistemas de monitoreo, auscultación e inventario vial**

Fuente: Elaboración Propia, en base a variada documentación recogida e investigada [1] [126]

En la provincia del Azuay, la mayor parte de las instituciones públicas no cuenta con los instrumentos necesarios de monitoreo y oscultación debido a sus altos costos de adquisición, por lo que este sistema estará basado en las inspecciones visuales y evaluaciones de campo con personal técnico preparado.

Lo referente al inventario vial en la provincia se pudo observar que los municipios cuenta con departamentos de planificación los cuales poseen sistemas de información



de sus respectivos cantones, pero estos sistemas están desactualizados y en algunos casos obsoletos, En la provincia por iniciativa del CONAGOPARE se realizó una digitalización vial donde participaron las juntas parroquiales rurales del Azuay, aunque el trabajo fue extenso, no se puede hablar en su totalidad de un inventario vial pues la información que suministra dicho trabajo es referida únicamente al kilometraje existente en cada cantón, mas no posee los datos necesarios para ser considerada como una base de datos de la provincia, este catálogo vial pudiera ser el arranque de una base de datos con un trabajo de actualización y complementación de información requerida por el sistema.

### 3.9.2. Factores de jerarquización vial

- **Criterios de ordenamiento vial prioritario**

Como hecho fundamental en el proceso de evaluación y selección de segmentos viales priorizados para la intervención requerida, es importante destacar que el proceso en sí corresponde a una identificación de su condición articulador de la red vial que permita calificar su condición de aportante a la conexión, a la integración y al reconocimiento de representar un arco potencial de desarrollo económico dentro de la malla vial.

Tal vez la parte más complicada de un sistema de gestión es dicha priorización de las vías a intervenir pues esta va a depender de muchos factores pero se debe siempre tener un solo objetivo se prioriza utilizando múltiples y distintos criterios [127]:

Para establecer la jerarquización vial, actividad anterior a la priorización de las vías a ser intervenidas el autor propone los siguientes criterios:

**Criterios sociales:** tiene relación con el proceso de identificación, medición, y valorización de los beneficios que puede lograr la comunidad., desde el punto de vista del Bienestar Social y humano como resultado del mejoramiento y mantenimiento rutinario de las vías

**Criterios económicos:** estos criterios consideran el beneficio económico de un proyecto de mantenimiento, identificando las ventajas y desventajas que puede lograrse en el tránsito de los usuarios que utilizan la vía o el potencial productivo de la zona del entorno del camino [128].

**Criterios técnicos:** Estos criterios se refieren a las características de las vías en cuanto al tipo de superficie, la conectividad con otras vías y la geometría.

**Criterios de seguridad:** Estos criterios han sido incorporados en la medida de considerar el efecto del estado de las vías en la seguridad, confiabilidad hacia los usuarios y beneficiarios de las vías.

**Criterios ambientales:** con este criterio se pretende analizar la forma en que las actividades asociadas con la intervención propuesta afecta a la sociedad en conjunto [129].

**Criterios políticos:** aunque muchas ocasiones se pretende desvincular este criterio de la jerarquización vial, debemos recordar que las instituciones gubernamentales son de carácter netamente político y por ende los trabajos se ven afectados por un interés de presencia política, claro está que este indicador no es el de mayor relevancia e importancia.

Los factores de ponderación se obtuvieron mediante la aplicación combinada del método Delfi: matriz de jerarquización de criterios y el principio de acuerdo de equipo evaluador. En primera instancia se aplicó la matriz de jerarquización de criterios donde se obtuvieron los resultados expuestos en la Tabla N° 46.

CRITERIO		SOCIALES	ECONÓMICOS	TÉCNICOS	SEGURIDAD	AMBIENTALES	POLÍTICOS	TOTAL	PESO
1	<b>SOCIALES</b>		3	3	2	3		11	0.297
2	<b>ECONÓMICOS</b>	2		2	1	2	2	9	0.243
3	<b>TÉCNICOS</b>				5	2	2	9	0.243
4	<b>SEGURIDAD</b>		1		1	1	1	4	0.108
5	<b>AMBIENTALES</b>						2	2	0.054
6	<b>POLÍTICOS</b>					2		2	0.054
TOTAL								37	1.00

**Tabla N° 46 Matriz de jerarquización de criterios**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Una vez obtenidos los pesos se propone el principio de acuerdo de equipo para la obtención definitiva de los factores de ponderación de cada criterio dando como resultado la Tabla N° 47.



CRITERIOS		FACTOR PONDERACIÓN CRITERIO
1	SOCIALES	30%
2	ECONOMICOS	25%
3	TÉCNICOS	25%
4	SEGURIDAD	10%
5	AMBIENTALES	5%
6	POLÍTICOS	5%
TOTAL		100%

Tabla N° 47 Criterios globales de priorización vial

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Como se puede observar se da mayor importancia y peso a los criterios sociales, económicos y técnicos, dado que la primera justifica la realización del proyecto, la siguiente el logro potencial o impacto en la zona y por ultimo las condiciones o estado del proyecto a intervenir, esto con el único objeto de impulsar las zonas circundantes a las vías en estudio.

A continuación a cada criterio se le asocian las variables que le otorgan sentido analítico. Cada una aporta un aspecto relevante (y complementario) con distinto peso específico. Cada el criterio está compuesto por un índice ponderado de variables, las mismas que fueron obtenidas utilizando la misma metodología ocupada en la determinación de la ponderación de los criterios utilizados dando como resultado la Tabla N° 48.





CRITERIOS	FACTOR PONDERACIÓN CRITERIO	ELEMENTO O VARIABLE	FACTOR PONDERACIÓN ELEMENTO	% TOTAL
1 SOCIALES	30%	POBLACIÓN BENEFICIADA	50%	100%
		CRECIMIENTO URBANÍSTICO	10%	
		CLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD HABITACIONAL	10%	
		MEJORA EN LA DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS	10%	
		PARTICIPACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS	10%	
		CENTROS SOCIALES		
		CENTRO DE SALUD	1.0%	
		ESCUELA	1.0%	
		IGLESIA O CENTRO RELIGIOSO	1.0%	
		SITIO RECREATIVO	1.0%	
		CENTRO COMUNITARIO	1.0%	
		CEMENTERIO	1.0%	
		SITIO DE TURISMO	1.0%	
2 ECONÓMICOS	25%	VOLUMEN DE TRÁNSITO	20%	100%
		PRODUCTIVIDAD	20%	
		CLASE O CATEGORÍA DEL SUELO	20%	
		SERVICIOS DE TRANSPORTE	20%	
		DESARROLLO DE CAPACIDADES EMPRENDEDORAS	20%	
3 TÉCNICOS	25%	CONECTIVIDAD CON OTRAS VÍAS	20%	100%
		TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	20%	
		ESTADO DE LA VÍA PARA CIRCULACIÓN	20%	
		ANCHO DE CALZADA	20%	
4 SEGURIDAD	10%	ACCIDENTABILIDAD	40%	100%
		SEGURIDAD CIUDADANA	30%	
		DESASTRES	30%	
5 AMBIENTALES	5%	SEGUIMIENTO AMBIENTAL	100%	100%
6 POLÍTICOS	5%	PREFERENCIA DE LA CIUDADANA	60%	100%
		INVERSIÓN HISTÓRICA	40%	
TOTAL	100%			

Tabla N° 48 Factores de priorización vial

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [127]

Aquí se puede observar que los criterios han sido colocados según la importancia e impacto del mantenimiento, es así que cada intervención vial debe ser de alto impacto social y de bajo impacto político, sin descartar los criterios económicos

Como es lógico de suponer estos criterios y sus factores podrían ser ajustados de acuerdo con las condiciones particulares de cada zona y a las necesidades de la institución.

Una vez obtenidos los pesos ponderados de los criterios y de las variables que intervienen se procede con la operacionalización<sup>7</sup> de las variables a través de indicadores y para su calificación se utilizó rangos de medición utilizando un criterio básico en base a tres condiciones:

1	Sin importancia
2	Baja importancia
3	Alta importancia o impacto

- **Criterios sociales**

Como lo dice tiene estrecha relación sociedad, los usuarios y beneficiarios de la conservación vial.

- **Población beneficiada**

Los beneficiarios de un proyecto de conservación vial se refieren a la población a la que estarán dirigidas las acciones del mantenimiento, es decir, las personas que obtendrán algún tipo de beneficio de la implementación del mismo. Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: directos e indirectos. Se propone que se evalúe de acuerdo a la Tabla N° 49.

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	
	CUALITATIVA	CUANTITATIVA
< 5 VIVIENDAS / KM	DISPERSA	1
5 - 10 VIVIENDAS / KM	MEDIA	2
> 10 VIVIENDAS / KM	CONCENTRADA	3

Tabla N° 49 Calificación por población beneficiada

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Crecimiento urbanístico**

El crecimiento urbanístico consiste en una herramienta fundamental para la elaboración de políticas públicas de ordenamiento territorial, el cual no sólo sirve para ofrecer una perspectiva de si es necesario que crezca la ciudad, sino que además permite especificar de qué manera debería hacerlo. Constituye una herramienta de

<sup>7</sup> La **operacionalización** es un proceso que consiste en definir estrictamente variables en factores medibles. El proceso define conceptos difusos y les permite ser medidos empírica y cuantitativamente.

gestión del suelo, esencial para un plan de movilidad, en la medida que sirve para priorizar los proyectos futuros y estimar sus impactos, se propone que se califique según el número de viviendas por hectárea existente en la zona de influencia de la vía. En la Tabla N° 50 se presenta la propuesta para la evaluación de los indicadores del crecimiento urbanístico.

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	
	CUALITATIVA	CUANTITATIVA
< 20 VIVIENDAS / HEC	BAJO	1
20 - 50 VIVIENDAS / HEC	MEDIO	2
> 50 VIVIENDAS / HEC	ALTO	3

Tabla N° 50 Calificación por crecimiento urbanístico

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Clasificación de la densidad habitacional**

Este criterio permite valorar sectores con prioridad social, de alta densidad habitacional o de baja densidad, permitiendo de esta manera tener un panorama del lugar de actuación. En la Tabla N° 51 se presentan los indicadores propuestos para este criterio.

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
SECTORES CON VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y/O PRIORITARIAS	3
SECTORES CON BAJOS NIVELES DE DENSIDAD HABITACIONAL	2
SECTORES CON ALTOS NIVELES DE DENSIDAD HABITACIONAL	1

Tabla N° 51 Calificación por clasificación de la densidad habitacional

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Mejora en la disponibilidad de servicios**

Se incorpora este indicador como una forma de incluir el beneficio que conlleva el proyecto de mejoramiento en la disponibilidad de servicios.

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
MEJORA SENSIBLEMENTE LA DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS	3
NO AFECTA LA DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS	1

Tabla N° 52 Calificación por mejora en la disponibilidad de servicios

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]



- **Participación de las partes interesadas**

Se incluye con este indicador la importancia que tiene al momento de contar con el apoyo y esfuerzo mancomunado de los beneficiarios y usuarios de la vía, en la Tabla N° 53 se describen los criterios para su evaluación.

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
PARTICIPA LA POBLACIÓN ACTIVAMENTE	3
NO HAY NINGUNA PARTICIPACION	1

Tabla N° 53 Calificación por centro sociales en la carretera

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Centros sociales en la carretera**

Aunque su valoración es subjetiva es de igual importancia conocer los centros sociales cercanos a la vía y que sirven como lugares de concentración de la población.

La calificación para la priorización de los caminos se propone la Tabla N° 54.

DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA	CALIFICACIÓN
CENTRO DE SALUD	SI	1
	NO	0
ESCUELA	SI	1
	NO	0
IGLESIA O CENTRO RELIGIOSO	SI	1
	NO	0
SITIO RECREATIVO	SI	1
	NO	0
CENTRO COMUNITARIO U OTROS SIMILARES	SI	1
	NO	0
CEMENTERIO	SI	1
	NO	0
SITIO TURISTICO	SI	1
	NO	0
CENTRO INSTITUCIONAL PÚBLICO	SI	1
	NO	0
FÁBRICAS, PEQUEÑAS O MEDIANAS EMPRESAS	SI	1
	NO	0
CENTROS DE ACOPIO	SI	1
	NO	0

Tabla N° 54 Calificación por centro sociales en la carretera

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

---

- **Criterios económicos**

Estos criterios consideran el beneficio económico que puede lograrse con la implementación de la conservación de la vía tanto para los usuarios, beneficiarios de la misma.

- **Volumen de tránsito**

Es un criterio mundialmente utilizado donde se da prioridad a las vías con mayores volúmenes de flujo vehicular. En la Tabla N° 55 se pueden observar los indicadores propuestos.

NÚMERO DE VEHÍCULOS/ DÍA	CALIFICACIÓN
< 100 VEHÍCULOS / DÍA	1
> 100 VEHÍCULOS / DÍA	3

Tabla N° 55 Calificación por volumen de tránsito

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Productividad**

La productividad que se desarrolla en las áreas de influencia de la vía son amplias, al tratarse el presente trabajo de titulación un estudio del área rural se propone que se valore en función de los terrenos cultivados según se puede observar en la Tabla N° 56.

PRODUCTIVIDAD	CALIFICACIÓN
INCIPIENTE: TERRENOS SIN CULTIVOS	1
INTERMEDIA: PEQUEÑOS TERRENOS CULTIVADOS	2
ROBUSTA: GRAN EXTENSIÓN DE TERRENO CULTIVADO	3

Tabla N° 56 Calificación por productividad de terrenos

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Clase o categoría del suelo**

Desde el punto de vista del urbanismo y la planificación territorial, el suelo es el espacio físico objeto de la ordenación del territorio y en virtud de la cual es delimitado, estableciendo las zonas adecuadas para servir de soporte a los edificios, a las infraestructuras y a los espacios públicos, o manteniéndolo preservado de la urbanización, en tal virtud en la Tabla N° 57 se ha establecido los siguientes criterios para su evaluación.



CATEGORÍA DEL SUELO	CALIFICACIÓN
SUBURBANO	1
POSIBLE EXPANSIÓN	2
EXPANSIÓN	3

Tabla N° 57 Calificación según categoría del suelo

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Servicio de transporte**

El transporte es una de las mayores actividades cotidianas de la humanidad, se entiende por transporte al desplazamiento de objetos, animales o personas entre distintos lugares (origen - destino) en cualquier medio de transporte (aéreo, fluvial, marítimo o terrestre) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte).

Se consideró este parámetro debido a su gran influencia en las actividades de las personas circundantes a la vía (aumento del comercio, expansión de la industrialización, cobertura de mayores distancias desplazamiento, mejora en tiempos de viaje, etc.).

En la Tabla N° 58 se pueden observar los indicadores propuestos.

FRECUENCIA DEL SERVICIO	CALIFICACIÓN
ALTA: CADA 30 MINUTOS	3
MEDIA: 1 HORA	2
BAJA: 3 HORAS	1

Tabla N° 58 Calificación según servicio de transporte

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Capacidad emprendedora**

La capacidad emprendedora es la capacidad de actuar con iniciativa y perseverancia de modo de poder modificar la realidad del territorio, aportando soluciones innovadoras a organizaciones productivas y sociales como factor de medición se ha tomado la capacidad del sector en la generación de empleo y su evaluación se propone en la Tabla N° 59.

CAPACIDAD GENERADORA	CALIFICACIÓN
SECTORES CON GRAN CAPACIDAD GENERACIÓN EMPLEO	3
SECTORES SIN CAPACIDAD GENERACIÓN EMPLEO	1

Tabla N° 59 Calificación según capacidad emprendedora

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]



- **Criterios técnicos**

Estos criterios, infaltables en una caracterización vial están orientados a ordenar las vías que tienen mayor relevancia patrimonial.

- **Conectividad con otras vías**

Esta variable considera el grado de conexión de la vía con otros caminos generando la red vial, su calificación es en función de la Tabla N° 60.

TIPO DE CALZADA	CALIFICACIÓN
PAVIMENTADA	3
AFIRMADA	2
TIERRA	1

Tabla N° 60 Calificación por conectividad

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Tipo de trabajo necesario**

Este criterio discurre el tipo de trabajo que necesita la vía para quedar en condiciones de confort para el usuario, para la evaluación se plantea que las vías con trabajos de rehabilitación sean consideradas sobre los otros tipos.

TIPO DE TRABAJO	CALIFICACIÓN
ROUTINARIO/ PERIÓDICO	3
MEJORAMIENTO/ REHABILITACIÓN/ ESPECIALES	2
TEMPORALES/ EMERGENTES	1

Tabla N° 61 Calificación por tipo de trabajo

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Tipo de superficie de rodadura**

Con este factor lo que se pretende logra es una filtración de las vías por su superficie de rodadura, el sistema de gestión propuesto está enfocado al mantenimiento de pavimentos y su evaluación se propone sea según la Tabla N° 62.

CONECTIVIDAD	CALIFICACIÓN
VÍA PRINCIPAL/ VÍA SECUNDARIA	3
VÍA VECINAL/ VÍA VERANO	2
CAMINO DE HERRADURA	1

Tabla N° 62 Calificación por tipo de superficie

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Estado de la vía para circulación vehicular**

La influencia del estado vial es de suma importancia, como es lógico suponer se da mayor prioridad a los caminos que se encuentran en malas condiciones y que necesitan una intervención para mejorar sus condiciones. Se propone se evalúen sus indicadores según la Tabla N° 63.

CONDICION DE LA VIA	CALIFICACIÓN
BUENO	1
REGULAR	2
MALO	3

Tabla N° 63 Calificación por estado de la vía

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Para la valoración del estado entre bueno, malo y regular se puede utilizar la Tabla N° 12 y Tabla N° 13 del Capítulo II.

- **Ancho de la calzada**

ANCHO DE CALZADA	CALIFICACIÓN
> 5 m	3
< 5 m	1

Tabla N° 64 Calificación por ancho de calzada

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Criterios seguridad**

Este criterio es importante al momento de la jerarquización pues se debe considerar la seguridad ciudadana en sus sentidos más estrictos: accidentabilidad en las vías, aumento de delincuencia y reducción de la vulnerabilidad ante desastres.

- **Accidentabilidad**

Este factor de importancia dentro de la seguridad de los usuarios de las vías tanto conductores como peatones, pues no hay que olvidar que existe una elevada concordancia entre el estado del camino con los accidentes registrados, es así que en este proyecto se propone realizar la calificación de la vía según el número y la gravedad de los accidentes ocurridos como se observa en la Tabla N° 65.





NÚMEROS DE ACCIDENTES EQUIVALENTES	CALIFICACIÓN
GRAVES > 5	3
LEVES	1

Tabla N° 65 Calificación según accidentabilidad

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- Seguridad Ciudadana**

No hay que olvidar que si bien es cierto una vía trae impactos positivos, pero también puede traer impactos negativos como lo son atraer hacia ciertas zonas la delincuencia, pero de igual manera puede traer consigo seguridad para la población al activarse vías de patrullaje. En la Tabla N° 66 se observa a la forma de calificación propuesta.

SEGURIDAD		CALIFICACIÓN
MEJORA LA SEGURIDAD CIUDADANA, LA INTEGRACIÓN SOCIAL Y PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS	SI	3
	NO	1

Tabla N° 66 Calificación según seguridad ciudadana

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- Reducción en el riesgo de desastres**

Una vía en buen estado influye en gran medida en la reducción de la vulnerabilidad en casos de emergencia. Su evaluación se propone en la Tabla N° 67.

DESASTRES		CALIFICACIÓN
CONSIDERAN LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE AL RIESGO DE DESASTRES Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	SI	3
	NO	1

Tabla N° 67 Calificación según riesgos

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- Criterios ambientales**

Este criterio considera los aspectos ambientales que pudiesen incidir durante la ejecución de los trabajos de mejoramiento y mantenimiento rutinario. Se orienta a favorecer en los programas de conservación vial la siembra de árboles y el control de la erosión y/o el cuidado de microcuencas de agua y se califica de acuerdo a la Tabla N° 68 de la siguiente forma:

SEGUIMIENTO AMBIENTAL	CALIFICACIÓN
PRESERVA Y/O MEJORA	3
SINEFECTO	1

**Tabla N° 68 Calificación por criterio ambiental**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [127]

- Criterios políticos**

Como no podía faltar estos criterios aunque no deberían influenciar en su gran medida son altamente considerados al momento de la jerarquización vial.

- Preferencia de la ciudadanía**

ULTIMA INTERVENCION	CALIFICACIÓN
BAJA > 7 AÑOS	3
MEDIA 4 - 7 AÑOS	2
ALTA < 2 AÑOS	1

**Tabla N° 69 Calificación por preferencia ciudadana**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [127]

- Inversión histórica**

Tiene que ver con el tiempo desde que transcurrió la última intervención en la vía.

AGENTES PARTICIPANTES	CALIFICACIÓN
CON RESPALDO POPULAR	3
SIN RESPALDO POPULAR	1

**Tabla N° 70 Calificación por inversión histórica**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [127]

Al manejar distintas redes viales se necesita un valor que indique el grado de importancia vial, se plantea utilizar la metodología de evaluación de proyectos pequeños con destinatarios y/u objetivos de impacto diferentes donde se utiliza un índice sumatorio ponderado a fin de priorizar los proyectos a través de un conjunto de criterios complementarios (Índice Multicriterio). La ecuación que se utilizará es la siguiente:

$$IM = \sum_{j=1}^n \frac{C_j * p_j}{r} * 100$$

**Ecuación N° 32**

C<sub>j</sub>: puntaje del criterio j (social, técnico, económico, institucional, etc.)

p<sub>j</sub>: peso o importancia del criterio j (van de 0 a 1)

$r$ : rango de medición de los criterios (límite superior de la escala menos límite inferior)

Cada criterio ( $C_j$ ) incluido en el IM es un subíndice que agrupa variables e indicadores, con la estructura que se muestra en la Tabla N° 48. Si se utilizan sólo los criterios planteados, el cálculo del IM mediante la Ecuación N°32 se convierte en:

$$IM = \frac{(C_s * p_s) + (C_e * p_e) + (C_t * p_t) + (C_{sg} * p_{sg}) + (C_a * p_a) + (C_p * p_p)}{r} * 100$$

Ecuación N° 33

$C_s$ : puntaje del criterio social

$C_e$ : puntaje del criterio económico

$C_t$ : puntaje del criterio técnico

$C_{sg}$ : puntaje del criterio seguridad

$C_a$ : puntaje del criterio ambiental

$C_p$ : puntaje del criterio político

$p_s$ ;  $p_e$ ;  $p_t$ ;  $p_{sg}$ ;  $p_a$ ;  $p_p$  : peso de cada criterio de tal modo que  $p_s + p_e + p_t + p_{sg} + p_a + p_p = 1$

$r$ : rango de medición de los criterios (límite superior de la escala menos límite inferior)

- **Criterios de priorización de actividades**

- **1ro. Seguridad**

Un servicio eficiente de mantenimiento debe garantizar la integridad física de las personas que utilizan la carretera y ofrecer seguridad al tránsito vehicular; en ese sentido, las actividades que deben ejecutarse prioritariamente son aquellas que tienen relación directa con la circulación de los vehículos y con la estabilidad de la plataforma.

- **2da. Conservación de obras de drenaje**

Las obras de drenaje permiten el paso de los vehículos a través de las quebradas, acequias, riachuelos, etc. Normalmente, la circulación en estos lugares se realiza con algunas restricciones de velocidad, ya sea por las características de la estructura (ancho limitado, tipo de tablero, desniveles notorios en el caso de los badenes, etc.) o por la configuración del terreno.

---

- **3ra. Otras actividades**

La tercera prioridad, será para aquellas actividades complementarias que no interfieran directamente con la fluidez de la circulación vehicular.

La correcta asignación de las acciones de conservación se debe realizar teniendo en cuenta tanto la evaluación técnica como la económica con el fin de determinar aquella acción que sea la más adecuada desde ambos puntos de vista.

- **Determinación del orden de prioridad de la intervención**

El orden de prioridad técnica se definirá aplicando la ecuación [24]:

$$Y = 5.4 - (0.0263X_1) - (0.0132X_2) - [0.4 \log(X_3)] + (0.749X_4) + (1.66X_5)$$

Ecuación N° 34

dónde:

Y = índice de prioridad, que va de 1 a 10; 1 representa muy mal y 10 representa excelente. Un valor bajo indica un pavimento que tiene una gran prioridad de tratamiento

$X_1$  = precipitación promedio (pulg/año)

$X_2$  = congelamiento y descongelamiento (ciclos/año) (para el caso del Azuay es cero)

$X_3$  = tránsito (TPDA)

$X_4$  = índice actual de durabilidad

$X_5$  = daños (número subjetivo entre -1 y +1)

### **3.9.3. Umbrales de actuación**

Esta sección apunta a encontrar los umbrales con los cuales los caminos debiesen ser intervenidos ya sea con una acción rutinaria o una acción periódica.

Para el “Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay”, se propone utilizar la metodología de evaluación multicriterio adaptada a las condiciones particulares de la provincia del Azuay y tomando en cuenta la situación vial actual.

Para aplicar esta herramienta se proponen considerar los siguientes umbrales de actuación, para la priorización de vías:

Los métodos de cálculo explicados en el capítulo anterior en el punto 2.3.6.2 Herramientas de Análisis: Principales métodos utilizados en la evaluación de Pavimentos, una vez obtenidos los resultados al aplicar las técnicas propuestas utilizaremos la siguiente guía expuesta en la Tabla N° 71 Grado de intervención



propuesto según estado actual del pavimento para definir el estado y los umbrales de actuación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## CAPÍTULO III: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

RANGO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)		RANGO ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)		RANGO ÍNDICE DE CONDICIÓN DE LA CALZADA (PASER)		RANGO DE CONDICIÓN ÍNDICE DE SERVICIALIDAD (PSI)		CATEGORIA DE ACCIÓN	DESCRIPCIÓN	COSTOS DE LOS USUARIOS
100 - 85	EXCELENTE	0 - 2	MUY BUENO	5	EXCELENTE	5 - 4	MUY BUENA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO O RUTINARIO MINIMO	Pavimento en condición muy buena, no requiere acciones de Mantenimiento Correctivo inmediatos; ocasionalmente puede requerir acciones de Mantenimiento mínimo Preventivo. Circulación muy confortable, superficie uniforme	Costos de operación de referencia (100%)
85 - 70	MUY BUENO	2 - 4	BUENO	4	BUENO	4 - 3	BUENA	MANTENIMIENTO CORRECTIVO MENOR	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo	Ligero incremento costos de operación 105% - 120%
70 - 55	BUENO	4 - 6	REGULAR	3	REGULAR	3 - 2	REGULAR	MANTENIMIENTO CORRECTIVO MAYOR O INTENSIVO	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Circulación poco confortable. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil. el pavimento esta alcanzando su vida útil.	Significativo incremento de costos de operación 120% - 150%
55 - 25	POBRE	6 - 8	MALO	2	POBRE	2 - 1	MALE	REHABILITACIÓN Y/O REFUERZO ESTRUCTURAL	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles. Circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento esta alcanzado su vida útil.	Altos costos de operación 130% - 150%
< 25	MUY POBRE Y COLAPSADO	> 9	MUY MALO	1	FALLADO	1 - 0	MUY MALA	REHABILITACIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN	Pavimento en condición muy deficiente con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor; probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo. Circulación pésima.	Muy Altos costos de operación 145% - 170%

**Tabla N° 71 Grado de intervención propuesto según estado actual del pavimento**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]



### 3.9.4. Criterios y elementos de intervención vial

La propuesta de titulación, se fundamenta en la aplicación de una adecuada administración en la conservación vial, la cual involucra actividades de mantenimiento rutinario y periódico, de manera complementaria, en el momento justo y con acciones estrictamente necesarias, mediante la ejecución en periodos establecidos, y con permanencia permanente, lo cual permite tener vías en estado óptimo, brindando seguridad, rapidez y comodidad. La gestión de conservación vial, implementada, conseguirá la reducción significativa en los costos de operación vehicular y de mantenimiento vial, por lo que nuestra propuesta se fundamenta en estos criterios de ahorro.

El mantenimiento vial tiene como propósito prever que la vía se mantenga en óptimo nivel de servicio, estos se consigue al intervenir en las características físicas del camino.

Las principales características físicas que se deben mantener en un camino para garantizar condiciones satisfactorias al tránsito vehicular son:

**Capacidad de soporte** se refiere a la resistencia estructural de los elementos de la vía para soportar las cargas vehiculares, que circulan repetidamente sobre la carpeta de rodadura.

**Regularidad superficial** se refiere a las condiciones físicas de la superficie por donde circulan los vehículos en cuanto a la rugosidad, las deformaciones, la textura, el estado y la limpieza de la plataforma, factores que su deterioro afecta drásticamente la comodidad, la seguridad y la economía de los usuarios.

- **Elementos de intervención vial**

Los principales elementos de la vía que se programa su intervención de mantenimiento rutinario o periódico son:

- **La carpeta asfáltica**

La carpeta de rodadura, es la faja utilizada para la circulación vehicular, incluye también las bermas.

El mantenimiento de la carpeta asfáltica, comprende la limpieza diaria, que se deberá hacer con herramientas manuales, con el fin de retirar los elementos caídos en



---

su superficie, como son piedras, basura, animales muertos, restos vegetales etc., también, se realiza reparaciones de los baches pequeños y aislados.

- **Las obras de drenaje y subdrenaje**

Las obras de drenaje y subdrenaje, están orientadas a recoger y encauzar el agua para sacarla de la plataforma de la vía, evitando el deterioro prematuro de la misma. Las obras de drenaje deben mantenerse limpias y en buen estado, para permitir el flujo libre del agua.

**Cunetas** su función es evacuar rápidamente el agua de la superficie de la plataforma y de los taludes. En el mantenimiento se realiza la limpieza de las cunetas, se reconfirman las cunetas de tierra y se realizan reparaciones menores.

**Zanjas de coronación** son zanjas efectuadas en la parte alta de los taludes en corte para interceptar y encauzar las aguas de lluvia, a fin de evitar la erosión de los taludes y la consecuente colmatación de las cunetas con el material arrastrado. El mantenimiento comprende la limpieza de las zanjas de coronación, su reconformación y las reparaciones menores.

**Alcantarillas** son ductos colocados debajo de la plataforma, que permiten el paso del agua de los cauces naturales o canales, recogen el agua de las cunetas y lo dirigen al otro lado de la plataforma. El mantenimiento consiste en la limpieza de los sedimentos depositados de material de arrastre, troncos o ramas producto de las palizadas, así como las reparaciones menores.

**Canales** son zanjas construidas para recibir y encauzar las aguas provenientes de cauces naturales o de alcantarillas. En el mantenimiento se efectúa la limpieza y reparaciones menores.

**Otros** elementos como, los aliviaderos, los disipadores de energía. El mantenimiento consiste en la limpieza y reparaciones menores.

**Subdrenes** El mantenimiento consiste en la limpieza de la boca de salida.

- **El derecho de vía**

El mantenimiento del derecho de vía, consiste en la limpieza de toda la faja de terreno contigua a la plataforma, que incluye las obras complementarias y accesorias a la carretera, el roce de la vegetación menor y la poda de vegetación arbórea, la protección de los taludes contra la erosión, el desquinche y peinado de los taludes, incluye también la remoción de pequeños derrumbes.





---

• **Las obras de arte**

Las obras de arte están constituidas por puentes, pontones, badenes y muros.

**Puentes** actividades de mantenimiento a efectuar en los puentes, consiste en la limpieza de la estructura, retirando todo elemento extraño que se encuentre en el tablero, en las barandas y en los elementos estructurales, limpieza del cauce con herramientas manuales; considera también el resane de la pintura de las barandas por razones de seguridad vial.

**Pontones** actividades de mantenimiento rutinario a efectuar en los pontones, consiste en la limpieza de todo material extraño que se encuentre en el tablero, barandas y en la faja de aproximación, limpieza con herramientas manuales del cauce y resane de la pintura de los sardineles del pontón.

**Badenes** sirven de plataforma al camino y de cauce para el paso ocasional del agua, se emplea donde existe frecuente arrastre de sólidos. El mantenimiento consiste en limpiar el badén y la zona del cauce aledaña, a fin de permitir el flujo libre el agua.

**Muros** se emplean para contener el terreno en zonas de corte o de terraplén y en los estribos de puentes y pontones. El mantenimiento rutinario consiste, en limpieza y reparaciones menores.

• **La señalización y elementos de seguridad vial.**

El mantenimiento rutinario de la señalización, consiste en conservar las señales y elementos siempre limpios y visibles, las actividades principales de mantenimiento rutinario de señalización son: limpieza de las señales verticales y recuperación o reposición en casos puntuales, mantenimiento de los hitos kilométricos y su reparación o reposición en casos puntuales, limpieza de guardavías, limpieza y pintado de cabezales de alcantarillas, barandas de puentes, sardineles de pontones y parapetos de muros.

Para que el mantenimiento sea efectivo se tendrá que realizar por lo menos las siguientes actividades:

- Planteamiento del mantenimiento
- Programación de los trabajos a realizar
- Asignación de un presupuesto y los recursos requeridos
- Ejecución de los trabajos, de acuerdo a lo programado
- El control, evaluación y monitoreo de los trabajos realizados



---

- **Conservación vial rutinaria**

La conservación vial rutinaria consiste en un conjunto de actividades dirigidas a conservar la calzada, bermas, sistema de drenaje, señalización y seguridad vial, eliminando todo lo que represente peligro para el usuario y problemas de deterioro de la vía [130] [131].

Estas actividades se llevan a cabo uno o más veces al año, por lo general son de pequeña escala pero muy variadas y que, por su regularidad, son por lo general programables en el tiempo [132].

Las actividades principales de mantenimiento rutinario se han definido para preservar el camino y para lograr un eficaz servicio vial reflejado en la transitabilidad, la seguridad vial y la comodidad de la circulación vial.

En la Tabla N° 72 Alcances del mantenimiento vial rutinario se presenta los alcances de la conservación vial rutinaria en los distintos elementos que componen un proyecto vial.

- **Conservación vial periódica**

Es el conjunto de actividades destinadas a restaurar los elementos de la vía a su condición original con el fin de mantener sus niveles de serviciabilidad así como para prevenir o atenuar un deterioro acelerado de la vía [133].

Normalmente, son intervenciones de gran escala que requieren el despliegue de equipos y recursos especializados para su ejecución. Demandan de una adecuada identificación de deterioros y de la elaboración de un proyecto específico.

La conservación vial periódica abarca todas las actividades tendientes a conservar la integridad estructural, y calidad de la superficie de rodadura dentro de los parámetros contractuales exigidos, siguiendo una programación pre-establecida, y sobre la base de los datos obtenidos durante el mantenimiento rutinario, en la Tabla N° 73 Alcances del mantenimiento vial periódico se presentan los alcances que tiene el mantenimiento vial periódico en una vía.



CONSERVACIÓN VIAL RUTINARIA		
ALCANCES	CALZADA	Proveer una superficie de rodadura libre de obstáculos que representen peligro para el usuario.
		Dar mayor visibilidad y seguridad a los usuarios de la carretera y eliminar los obstáculos para el libre curso del agua desde la calzada hasta el sistema de drenaje.
	BERMAS	Mantener una superficie libre de obstáculos que restrinjan la circulación y/o visibilidad, de modo que sirvan como soporte seguro en caso de emergencia para los vehículos y sus cargas.
		Mantener el alineamiento y pendiente de las bermas para asegurar un drenaje adecuado.
	DRENAJE	Limpieza del sistema de drenaje superficial (alcantarillas, cunetas, zanjas de drenaje, etc.) para asegurar su operatividad.
		Reconocimiento y evaluación del funcionamiento de las estructuras y la influencia en ellas de las aguas superficiales.
		Limpieza y mantenimiento de Alcantarillas.
		Conservación de puentes y obras de arte siguiendo los procedimientos y normas aplicadas vigentes.
	ESTRUCTURAS	Inspección periódica y sistemática con el propósito de auscultar cualquier daño en la estructura, evaluando su magnitud para proceder a su mantenimiento y reparación inmediata a fin de garantizar su conservación.
	SEÑALIZACIÓN	Limpieza, reposición, conservación, ubicación y reubicación de la señalización horizontal y vertical adecuada, de conformidad con la normatividad vigente.
		Limpieza, conservación y reposición de guardavías, cuidando que éstas cumplan los requisitos técnicos previstos en la normatividad vigente que permitan el cumplimiento de su fin.
		Pintado y repintado de las marcas y señales del pavimento, para dotar de la seguridad vial necesaria en función a la zona.
	PRESERVACIÓN AMBIENTAL	Implementación de un Plan de Manejo Ambiental que cuente con un programa de medidas preventivas o correctivas y un programa de emergencias o contingencias.
		Replanteo, arreglo y conservación de las áreas verdes y demás componentes paisajísticos, ornamentales y ambientales integrantes de la vía.
		Reconformación, control de erosión, peinado y limpieza de los taludes laterales tanto en corte como en relleno, así como su estabilización.
		Control de manejo de sedimentos.
		Mantenimiento y utilización adecuada de las zonas de botadero para el acondicionamiento de materiales provenientes de derrumbes, bacheos, limpiezas en general, etc.

Tabla N° 72 Alcances del mantenimiento vial rutinario

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [130] [131] [132]



CONSERVACIÓN VIAL PERIÓDICA		
ALCANCES	CALZADA	Comprende los trabajos de reparación necesarios en la vía a fin de mantenerla capacidad funcional y estructural del pavimento
		Restablecer los niveles de serviciabilidad originales.
	BERMAS	Restablecer el estado original de las hermas
	DRENAJE	Reparación del sistema de drenaje superficial
		Reconstrucción del sistema de drenaje superficial.
		Reconstrucción del sistema de drenaje subterráneo.
	ESTRUCTURAS	Reconstrucción de elemento de protección en alcantarillas y muros, pontones y puentes.
	SEÑALIZACIÓN	Reposición de la señalización horizontal.
		Reposición de la señalización vertical.
		Reposición de los dispositivos de seguridad vial
	PRESERVACIÓN AMBIENTAL	Programa de Abandono o restauración que será implementado luego de la culminación de las obras y se refiere a la recuperación de todas las áreas que fueron utilizadas durante el proceso de construcción, tales como campamentos, almacenes, patios de parque automotor, zonas de canteras, botaderos, etc.
		Programa de Revegetación que se refiere a la implantación de vegetación de la berma central, conservación de taludes, superficies de los intercambios viales, y revegetación de las zonas desforestadas dentro del área de influencia o derecho de vía.

**Tabla N° 73 Alcances del mantenimiento vial periódico**

Fuente: Elaboración Propia, en base a variá documentación recogida e investigada [130] [131] [132]

### 3.9.5. Catálogo de mantenimiento vial

El catálogo exhibido en los Anexos 4.5 expone una breve guía para la reparación de cada una de las deficiencias en el pavimento, enumerando un conjunto de técnicas alternativas de posible aplicación. Las actividades se presentan en forma simple, refiriéndolas al nivel de severidad de la falla y al grado de desarrollo, frecuencia o densidad que ha alcanzado en una determinada sección de pavimento, aspectos que inciden en la selección de la alternativa más apropiada.

En relación a la extensión o densidad, se consideran cualitativamente dos niveles de ocurrencia [134]:

- Local. Cuando el daño se presenta en forma ocasional o intermitente (menos del 25% de la sección de pavimento evaluada);



- 
- General. Cuando el daño se presenta en forma frecuente, generalizada o extensiva (más del 25% de la sección de pavimento evaluada).

Las guías incluyen una clasificación de las actividades, atendiendo a la frecuencia con que se llevan a cabo, los niveles de decisión requeridos para autorizarlas y la necesidad de efectuar estudios más detallados previos a su implementación.

Complementa esta información una estimación de la vida efectiva que puede esperarse de cada reparación, teniendo en cuenta la técnica empleada y las condiciones en las que ésta es aplicada se indica un rango aproximado “normal”.

Es oportuno señalar aquí que a la hora de efectuar los trabajos de mantenimiento, en muchos casos puede ser necesario combinar una técnica de reparación con una o más acciones preventivas, a riesgo de que si solo se lleva a cabo la primera, el mecanismo causante del daño puede o no desaparecer; de no hacerlo, comenzará nuevamente su efecto destructivo en el pavimento no bien se habilite al tránsito, con graves consecuencias para el desempeño y durabilidad de ambos, pavimento y reparación [135] .

Se presentan los daños o fallas típicas que ocurren en los pavimentos flexibles en las vías rurales en la provincia del Azuay durante el proceso gradual de deterioro de los mismos. Para ordenar su exposición se han agrupado en 4 modalidades de falla o rotura:

**A. Deformaciones permanentes:**

1. Ahuellamiento
2. Hundimiento
3. Corrugación
4. Corrimiento
5. Hinchamiento

**B. Fisuraciones o agrietamientos:**

1. Fisura longitudinal
2. Fisura transversal
3. Fisuras en bloques
4. Fisuras tipo piel de cocodrilo
5. Fisuras reflejadas
6. Fisuras en arco



---

**C. Desintegraciones:**

1. Desprendimiento/descubrimiento de agregados
2. Peladuras
3. Estrías longitudinales
4. Baches
5. Rotura de bordes
6. Pulimento de la superficie

**D. Otros modos de falla:**

1. Exudación de asfalto
2. Bombeo/exudación de agua
3. Bacheos/repificaciones

Estos daños afectan de diferente manera la condición y el comportamiento del pavimento. Algunos afectan las características superficiales (condiciones operativas) del pavimento, reduciendo su serviciabilidad; suele referirse a estos como defectos de superficie o daños funcionales, por cuanto no afectan la capacidad estructural del pavimento. En contraposición, otros afectan la integridad del pavimento reduciendo su habilidad para soportar las cargas del tránsito; se denominan daños estructurales y si bien afectan en grado diverso la serviciabilidad presente del pavimento, conducen más rápidamente a una pérdida de esta a mediano plazo. Un mismo daño puede ser asociado a una u otra categoría, atendiendo al mecanismo específico que la origina.

Por su importancia, al describir cada uno de los daños y sus posibles causas, se incluyen también los elementos de juicio necesarios para su correcta valoración.

Se presenta en el Anexo N° 21 Principales acciones que generan fallas en los pavimentos las acciones que originan fallas en los pavimentos flexibles y de los cuales se ha hecho una descripción analizando cada una de las distintas capas que lo forman.

**3.9.6. Tareas básicas y técnicas de mantenimiento vial**

Las más recientes investigaciones han demostrado que en los pavimentos las intervenciones que dan los mejores resultados son las que se aplican oportunamente, utilizando las técnicas adecuadas al tipo y características de las fallas que se requiere remediar. Ello define dos conceptos importantes sin los cuales resulta muy difícil



acercarse al objetivo de optimizar las inversiones, y que son: la oportunidad en que se interviene y la técnica que se utiliza.

Como se ha señalado, para cada tipo y nivel de severidad de las fallas que presenta un pavimento, existe una o más acciones/trabajos que resultan más adecuadas para solucionar el problema, en términos de eficiencia y relación costo beneficio. Siempre se presentarán situaciones especiales que requieran de una intervención muy determinada y diferente a lo usual.

Las técnicas de mantenimiento de pavimentos asfálticos que se utilizaran en este apartado se dividen en tres:

**Restauraciones** son técnicas destinadas al mantenimiento de los pavimentos, es decir, principalmente a devolverles su condición original, a pesar de lo cual muchas aumentan la capacidad estructural y, por consiguiente, alargan la vida útil del pavimento.

**Reposiciones** se refieren a cualquiera de las técnicas destinadas a reforzar estructuralmente un pavimento de manera que esté en condiciones de soportar el tránsito previsto.

**Reconstrucción** es una técnica por la cual se retira el antiguo pavimento y se reemplaza por otro nuevo o, en ciertas ocasiones, se mantiene en el lugar pero el cálculo estructural prescinde de su aporte.

En la Tabla N° 74 Operaciones de mantenimiento y reposición de pavimentos asfálticos se señalan, para los casos generales, operaciones/trabajos tanto de mantenimiento como de reposición que, normalmente, son las más eficientes para los diferentes tipos de deterioro que se presentan. Debe considerarse que, en ciertas situaciones, pueden coexistir dos o más tipos de intervenciones cuyas eficiencias técnicas pueden ser similares; en ese caso se debe optar por alguna en base a consideraciones económicas o de otra índole.

Reparaciones en todo el espesor
Reparaciones de espesor parcial
Sellado de grietas
Bacheo
Tratamientos superficiales
Sellos de fricción
Sellos asfálticos
Lechada asfáltica

Tabla N° 74 Operaciones de mantenimiento y reposición de pavimentos asfálticos

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [130] [131] [132]



Cada una de las técnicas de mantenimiento tiene su óptimo rendimiento cuando se aplica en tanto el pavimento presente un nivel de deterioro comprendido dentro de un rango definido. La misma técnica aplicada cuando la severidad de la falla la deja fuera del rango óptimo, dará resultados mucho menos eficientes.

Las operaciones de conservación pueden agruparse con diferentes criterios en función del objetivo que se persiga, la agrupación más habitual es la presentada en la Tabla N° 75 en función de la periodicidad o frecuencia con que se realizan, para lo cual suelen dividirse en operaciones rutinarias, periódicas, rehabilitación, mejoramiento, temporales o especiales. Este tipo de agrupación tiene, sin embargo, el inconveniente de hacer difícil encontrar una determinada operación cuando no se sabe a qué clase o categoría pertenece.

En la Tabla N° 76 se presenta un listado de los principales tipos de fallas que afectan a los pavimentos y las intervenciones que se requieren para solventar estos daños

ELEMENTO VIAL	OPERACIÓN	ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA	CATEGORÍA DEL MANTENIMIENTO				
			RUTINARIO	PERIÓDICO	REHABILITACIÓN	ESPECIAL	TEMPORAL
ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN							
FALLA VIAL							





ELEMENTO VIAL	OPERACIÓN	ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN	CATEGORÍA DEL MANTENIMIENTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			RU	PER	REI	ESI	TEI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														</

ING. FERNANDO PATRICIO CARPIO CARRERA



**Tabla N° 75 Principales actividades en la conservación vial**

**Fuente:** Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127] [24]



DENOMINACIÓN DE LA FALLA		TIPO DE FALLA	FALLA SE ORIGINA EN	CAUSAS PRIMARIAS			IMPACTO EN			RUTINARIO				PERIÓDICO				REHABILITACIÓN			ESPECIAL				TEMPORAL		TÉCNICAS PREVENTIVAS A EFECTUAR CONCURRENTEMENTE CON OTRAS TÉCNICAS DE REPARACIÓN			
				CARGAS DE TRÁNSITO	CLIMA O MATERIALES	DEFECTOS CONSTRUCTIVOS	SEGURIDAD TRÁNSITO	COMODIDAD CIRCULACIÓN	INTEGRIDAD ESTRUCTURA	INTEGRIDAD SUPERFICIE	NO HACER NADA	BACHEO SUPERFICIAL (MEZCLA EN FRÍO O CALIENTE)	BACHEO PARCIAL (CAPA ASFÁLTICA) (MEZCLA EN FRÍO O CALIENTE)	BACHEO PROFUNDO (INCLUIDO REPOSICIÓN BASE)	SELLADO DE FISURAS O GRIETAS (MATERIALES OMÓRTROS ASFÁLTICOS)	SELLADO ASFÁLTICO REJUVENECEDOR (SIN AGREGADO PÉTEQ)	SELLO ASFÁLTICO (CON AGREGADO PÉTEQ)	LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL)	TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO (SIMPLE, DOBLE, TRIPLE)	RECAPEO EN MEZCLA ASFÁLTICA (ESPESOR VARIABLE SEGÚN NECESIDAD)	ESCARIFICACIÓN - RECONSTRUCCIÓN PARCIAL (BASE GRANULAR - MEZCLA ASFÁLTICA)	RECOMPOSICIÓN DRENAJE (COMBINADA CON OTRAS TÉCNICAS)	PERFILADO EN FRÍO	COLOCACION GEOTEXTIL (RECAPEO CON MEZCLA ASFÁLTICA)	TRATAMIENTO NON - SKID (CARPETA FRICCIONANTE)	OTROS		BACHEO EN BLANCO	ESCARIFICACIÓN SUPERFICIE (CON O SIN RECUBRIMIENTO GRASA)	
DEFORMACIONES	1	AHUELLAMIENTO	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE/ SUBRASANTE	●	○		●	○	●		B	M	M	A					A	A		M						RECAPEO ASFÁLTICO	
	2	HUNDIMIENTO	FUNCIONAL	BASE/ SUBRASANTE		●		○	●	○	○	B	M		M					A	A	A							MEJORAR DRENAJE	
	3	CORRUGACIÓN	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE/ SUBRASANTE		●			●	○	●	B		M/A	A						A		M/A							
	4	CORRIMIENTO	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA		●	○		○		○	B		M/A								A	M							
	5	HINCHAMIENTO	ESTRUCTURAL	SUBRASANTE		●				●		B/M			M/A						A	A							MEJORAR DRENAJE	
FISURACIONES	6	FISURA LONGITUDINAL	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE/ SUBRASANTE	●	●				●		B			A		M/A	B	M/A	M/A		A							SELLAR SUPERFICIE, RECAPEO ASFÁLTICO	
	7	FISURA TRANSVERSAL	ESTRUCTURAL	BASE / SUBRASANTE	○	●				●		B			A		M/A	B	M/A	M/A		A								
	8	FISURA EN BLOQUE	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE		●				○	●	B			A			B	M/A	M/A	M/A	A				A	A			
	9	FISURA TIPO PIEL DE COCODRILO	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE/ SUBRASANTE	●				○	●		B	M	M	M/A			B	B	B		A	A	A		A			RECAPEO ASFÁLTICO, MEJORAR DRENAJE	
	10	FISURAS REFLEJADAS	FUNCIONAL	BASE		●					●	B						B								A				
	11	FISURAS EN ARCO	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA		●	●				●				S			S					S							
DESINTEGRACIONES	12	DESPRENDIMIENTO/ DESCOBRIMIENTO DE AGREGADOS	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA		●	○				●	B	A				B/M	M/A	M/A	A	A									
	13	PELADURAS	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA		○	●		○		●			S				S	S	S										
	14	ESTRIAS LONGITUDINALES	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA		○	●		○		●				A			B/M	M/A	M/A	A									
	15	BACHES	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE/ SUBRASANTE	●	○	○	●	●	●	●	B	B/M	M	A					M	M		A	A				A	A	SELLAR SUPERFICIE, RECAPEO ASFÁLTICO
	16	ROTURA DE BORDES	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE	●	○		●			●	B	M	M/A	A				M	M		A	A						MANTENIMIENTO DE ESPLADONES Y DRENAJE	
	17	PULIMENTO DE LA SUPERFICIE	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA	●	○		●										S	S			S				S	S			
	18	EXUDACIÓN ASFALTO	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA		●		●				B/M			A						A	A					A			ELIMINAR EXCESO DE ASFALTO
OTROS	19	EXUDACIÓN AGUA	ESTRUCTURAL	CAPA ASFÁLTICA/ BASE	○	●			●	●	●			S		S		S				S	S						MEJORAR DRENAJE	
	20	BACHES/ REPARACIONES	FUNCIONAL	CAPA ASFÁLTICA	●	○	●			●	●	B/M		A	A	M		M	M			A	A						SUSTITUIR REPARACIONES DEFECTUOSAS	
		● PRINCIPAL CAUSA/ ALTO IMPACTO			EJEMPLO DE APLICACIÓN														PROCEDIMIENTO											
		○ CAUSAS SECUNDARIAS/ BAJO IMPACTO																												
		B NIVEL DE SEVERIDAD BAJO																												
		M NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO																												
		A NIVEL DE SEVERIDAD ALTO																												
		S FALLAS SIN NIVEL DE SEVERIDAD																												
			</																											



### **3.9.7. Definición de estrategias, optimización de alineamientos, umbrales admisibles – actividades de ejecución y diseño de políticas**

El deterioro de un pavimento es un proceso que comienza inmediatamente después de su construcción. Las causas de deterioro son las sollicitaciones externas producidas por el tráfico y el clima.

En vista que el deterioro del pavimento es un proceso progresivo, es necesario realizar una gestión de mantenimiento en base a acciones de conservación mantenimiento rutinario, rehabilitación, mantenimiento periódico dependiendo si las fallas están afectando la condición estructural o la condición funcional.

- **Definición de estrategias**

El programa de mantenimiento que se propone considera su realización a través de cuatro niveles de acción [136]:

- a. Reparaciones oportunas por sucesos imprevistos, no esperados.
- b. Conservación programada para mantener la calidad de la obra y reducir su tasa de deterioro por su uso normal.
- c. Rehabilitación para restaurar la obra a través de refuerzos de una proporción importante de esta
- d. Reemplazo o reconstrucción de ser necesario.

Teniendo en consideración lo anterior se han definido tres tipos de acciones de mantenimiento: rutinaria, periódica y emergencias, las cuales no solo se refieren a actuaciones de conservación de pavimentos sino que además incluye la conservación relacionada a todos los elementos anexos de la infraestructura vial.

Como la aplicación de cualquier técnica de rehabilitación influye en mayor o menor medida sobre todos los aspectos funcionales del pavimento, se ha planificado la aplicación de estas en función de la evolución del IRI. Para lograr estimar el momento adecuado de intervención se recomienda la utilización del programa HDM-IV que permite simular el proceso de deterioro de la carretera.

En el marco de la gestión de la conservación vial, se denomina estrategia de conservación a cada una de las posibles combinaciones de actuaciones que sea factible realizar a lo largo del tiempo en aras del cumplimiento de los objetivos planteados en la



correspondiente política de conservación. Como es fácil de comprender todo programa de conservación lleva implícita una determinada estrategia. Cada una de las posibles estrategias tendrá un determinado coste y producirá unos ciertos efectos sobre la vía, y sobre su previsible evolución a partir del momento de cada actuación. Por ello, los sistemas de gestión deben, entre otras cosas, ser capaces de llevar a cabo un análisis comparativo (técnico y económico) entre las diversas estrategias que se pudieran considerar, siempre que todas ellas estén dirigidas en similar medida a la consecución de los objetivos de la política de conservación. En todo caso, para cada posible estrategia será preciso valorar el grado de cumplimiento de esos objetivos.

Cualquier posible estrategia de conservación se sitúa entre dos estrategias extremas [3]:

- La estrategia con un carácter básicamente preventivo, consistente en actuaciones de costo limitado y relativamente poco separadas en el tiempo, de manera que los indicadores de estado descendan relativamente poco (no se sobrepasan en ningún caso los correspondientes umbrales de alarma).
- La estrategia con un carácter fundamentalmente curativo, consistente en actuaciones de mayor costo importante y más separadas en el tiempo, de manera que los indicadores de estado lleguen a caer apreciablemente.

En la práctica, esas dos estrategias a las que se acaba de aludir se traducen, respectivamente, en las siguientes opciones para los firmes de las carreteras [3]:

- Renovación superficial cada 3 y 6 años (según la intensidad del tráfico pesado y las condiciones climáticas) de un riego superficial + sellado permanente de grietas + la reparación de otros deterioros localizados que pudieran aparecer.
- Rehabilitación estructural normalmente entre 12 y 16 años (según la intensidad del tráfico pesado y las condiciones climáticas) mediante recrecimiento<sup>8</sup>, fresado y reposición (más recrecimiento), o reciclado (más

<sup>8</sup> El recrecido es una técnica de rehabilitación de firmes que consiste en la colocación de una o varias capas nuevas de firme sobre la existente, de tal manera que la cota de la rasante se eleva. [204]



---

recrecimiento), combinada con la reparación de sólo los deterioros localizados de mayor entidad que pudieran aparecer.

En cuanto a las estrategias de actuación que cabe considerar tienen que ser diferentes según el tipo de carretera de la que se trate, la intensidad de tráfico que soporte (especialmente el tráfico pesado) y las condiciones climáticas, obviando estos dos últimos condicionantes a fin de simplificar el análisis, pueden establecerse unas estrategias con las actuaciones mínimas que habría que llevar a cabo a partir de la construcción de la carretera o desde el momento en que el firme se ha restituido a un estado que se pueda considerar similar al de una obra nueva (año 0). Se consideran únicamente técnicas tradicionales de rehabilitación.

- **Optimización de alineamientos**

En esta optimización se plantea en primer lugar dos objetivos genéricos de la conservación vial como ejes fundamentales para la determinación de políticas óptimas:

- a. La conservación vial se ejecuta mediante la aplicación de actividades de orden rutinario y periódico.
- b. La atención inmediata a fenómenos naturales o eventos extraordinarios, mediante la ejecución de actividades de emergencia, que permitan mantener la transitabilidad de la vía.

Adicionalmente se definen los beneficios que se obtienen con el mantenimiento de la red vial:

- a. Garantía de un mantenimiento eficaz, eficiente y oportuno por parte de la institución rectora.
- b. Preservación del capital invertido en la carretera.
- c. Protección de parque automotor y ahorro en los gastos de operación vehicular
- d. Garantía de brindar un servicio de calidad a los usuarios y beneficiarios de la vía.

Con la alineación de los objetivos se procede a plantear los alcances del Programa de conservación vial propuesto para la provincia el cual se basa en los tres tipos de acciones definidos en los objetivos:



- 
- a. Mantenimiento vial rutinario: Conservar la carretera y toda su infraestructura en óptimas condiciones de operación, transitabilidad, seguridad y confort; así. Como, controlar el deterioro prematuro de la infraestructura vial.
- Preservación de todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o daños conservando las condiciones que tenían después de su construcción.
  - Mantener la vía libre de obstáculos y el derecho de vía con vegetación conservada.
  - Mantener obras de drenaje en óptimo funcionamiento.
  - Mantener el derecho de vía libre de obstáculos
  - Mantener la vía libre de defectos puntuales en la plataforma
  - Brindar asistencia de emergencias viales.
- b. Mantenimiento vial periódico: recuperar las condiciones iniciales de serviciabilidad de la carretera, llevándola a los niveles de servicio que serán requeridos por los usuarios.
- Mantener impermeable la superficie de la calzada, evitando el paso de agua a través de ella o del borde del pavimento, el cual debilita las capas inferiores.
  - Mantener y renovar la calidad de la superficie de la calzada y con ello las buenas condiciones de transitabilidad y seguridad.
  - Conservar la capacidad estructural que requiere el pavimento considerando el alto tráfico que debe soportar durante el periodo de diseño.
  - Mantener en perfecto estado de conservación todos los elementos relacionados a la seguridad vial durante el periodo de diseño y servicio de la vía.
- c. Atención a Emergencias
- Repara los daños que puedan ocurrir en la vía por causas de fuerzas de la naturaleza o de la intervención humana que obstaculice o impida la normal circulación de los usuarios y beneficiarios de la vía.
  - Trabajos de prevención tendientes a mitigar los efectos de la naturaleza en determinados puntos de la vía que tiene condiciones vulnerables.



---

- **Definición de umbrales de intervención y actividades de ejecución**

Establecer umbrales admisibles<sup>9</sup> de deterioro del pavimento, asociados a parámetros medibles para la ejecución de conservación vial tiene como objetivo fijar un límite admisible de los deterioros de manera de minimizar los costos de los usuarios sobre un conjunto de alternativas evaluadas y de esta manera maximizar el beneficio social de los usuarios de los caminos.

Los umbrales de deterioro han sido establecidos para modelar distintos escenarios posibles de conservación. Los parámetros que definen los umbrales son aquellos que están en directa relación con los procesos de inspección visual de deterioros y determinación del estado de las calzadas pavimentadas, por lo tanto se han establecido los siguientes límites de intervención para activar las acciones de conservación de las carreteras:

**CRITERIOS BASE DE EVALUACIÓN** estos criterios son los que en primera instancia servirán para evaluar el estado de la condición del pavimento.

Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Pérdida de árido

**CRITERIOS DE VARIACIÓN** aquí se utilizan los elementos medibles mediante las diferentes técnicas de oscultación y que a criterio del autor las más relevantes son:

Área agrietada<sup>10</sup> – Área dañada: en cuanto a este parámetro se considera para el presente estudio la utilización de un área agrietada admisible del 25% del área de estudio es decir que la cuarta parte de la vía se encuentre en condiciones admisibles, más allá de este valor se requieren acciones de mantenimiento.

Ahuellamiento: como medida máxima admisible se propone un valor de 10mm.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI): para este criterio de evaluación se propone la utilización de valores desde los 3.5 hasta los 7 [m/Km] asegurando de esta manera las diferentes situaciones que generalmente ocurren en las vías pavimentadas.

---

<sup>9</sup> Se define como umbral admisible el valor de un parámetro numérico de algún elemento medible de la calzada el que al ser sobrepasado activa la ejecución de una tarea o acción específica sobre la vía.

<sup>10</sup> Área Dañada: Sumatoria de las áreas de grietas, baches, pérdida de áridos y rompimiento de borde.





---

N° de Baches: en cuanto a este criterio se establece que el número de baches existentes en la vía en estudio por kilómetro sea considerado desde los 70 a los 130, es decir entre un 3 y 7% de la superficie de un kilómetro de vía se encuentra con baches para reparación.

**CRITERIOS DE EJECUCIÓN** un criterio adicional que se utilizará es la norma de cantidad de ejecución de actividad de mantenimiento rutinario para el presente trabajo de titulación se definió a la actividad Bacheo como un criterio base de ejecución, cabe señalar que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador define esta actividad rutinaria mediante una norma de cantidad de ejecución correspondiente a 4 m<sup>3</sup> / vía-km / año correspondiente aproximadamente a 80m<sup>2</sup> de área de bacheo.

Con estos parámetros se pretende generar diferentes tipos de escenarios y políticas de mantenimiento desde el más conservador hasta niveles donde exista una especial preocupación por el mantenimiento de los pavimentos, con el único objetivo de asegurar un mayor y mejor rendimiento de las vías y por lo tanto menores costos vehiculares y para el usuario.

Una vez definidos los umbrales admisibles de los parámetros sugeridos se procede a la definición de los trabajos a realizar para el mantenimiento vial, dentro de este proyecto de titulación se han definido tres tipos e trabajos a ejecutarse con sus diferentes variantes.

**Bacheo:** acción de reparar las vías públicas, rellenando los baches hasta dejar la superficie de rodamiento lisa.

**Recapeo o Repavimentación:** colocación de concreto asfáltico en caliente, en espesor no menor de 50 mm, ni mayor a 70 mm sobre la capa de rodadura existente, a fin de rehabilitar zonas con problemas de muchos baches o con superficies con daños severos y se conserva las capas granulares. En la Tabla N° 77 se pueden observar las distintas propuestas para los trabajos de recapeo o repavimentación, generalmente son utilizados para  $5.0 < IRI < 7.0$  [137]



<b>RECAPEO 1</b>	50 mm CARPETA ASFALTICA
<b>RECAPEO 2</b>	60 mm CARPETA ASFALTICA
<b>RECAPEO 3</b>	50 mm CARPETA ASFALTICA Y 80 mm DE BASE ASFALTICA
<b>RECAPEO 4</b>	50mm CARPETA ASFALTICA/ 60 mm BASE / 80mm BASE ASFALTICA
<b>RECAPEO 5</b>	50mm CARPETA ASFALTICA/ 70 mm BASE / 90mm BASE ASFALTICA
<b>RECAPEO 6</b>	70 mm CARPETA ASFALTICA/ 80 mm BASE ASFALTICA
<b>RECAPEO 7</b>	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO
<b>RECAPEO 8</b>	SIMPLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO

**Tabla N° 77 Definición de actividades de recapeo**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Reconstrucción: esta técnica se emplea cuando el  $IRI > 7.0$  [137], se remueven todas las capas de la vía destruida y se da paso a una nueva construcción de una vía, en la Tabla N° 78 se definen los principales trabajos que se recomienda se consideren para el establecimiento de las políticas de mantenimiento.

<b>RECONSTRUCCION 1</b>	60 mm DE CARPETA ASFALTICA/ 150 mm BASE GRANULAR/ 150 mm SUBBASE
<b>RECONSTRUCCION 2</b>	50 mm DE CARPETA ASFALTICA/ 90 mm BASE ASFALTICA/ 150 BASE GRANULAR/ 150 mm SUBBASE
<b>RECONSTRUCCION 3</b>	70 mm DE CARPETA ASFALTICA/ 120 mm BASE ASFALTICA/ 150 BASE GRANULAR/ 150 mm SUBBASE
<b>RECONSTRUCCION 4</b>	60 mm DE CARPETA ASFALTICA/ 70 mm BASE TRATADA/ 80 mm BASE ASFALTICA/ 150 BASE GRANULAR/ 150 mm SUBBASE

**Tabla N° 78 Definición de actividades de reconstrucción para las políticas planteadas**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

- **Políticas de mantenimiento**

En los proyectos de mantenimiento vial, donde la variable fundamental es el estado de la carpeta, la metodología de análisis y evaluación que se propone es determinar los beneficios provenientes de los ahorros de costos de operación de los vehículos por efecto del proyecto, versus los costos que implica su ejecución. Los beneficios y costos aplicados en la evaluación son de tipo incremental (diferencia de beneficios y diferencia de costos). Estos se obtienen de comparar la situación con proyecto en relación a la situación sin proyecto. Para este proyecto de titulación se definió una situación sin proyecto, que corresponde a la denominada “Política de Conservación 0” o “alternativa base” corresponde a la conservación que se estima como la mínima razonable de aplicar para mantener adecuadamente los pavimentos. Esta política sirve como referencia para efectos de comparar otras políticas más intensivas en conservación.



Los escenarios de mantenimiento planteados fueron diseñados teniendo en cuenta las experiencias internacionales de algunos entes destinados a promover el desarrollo como la Corporación Andina Fomento (CAF) [138], a estudiar las implicaciones de las políticas del sector vial como la Asociación Mundial de la Carretera [54] y aquellos que prestan su asesoría en la implementación de nuevas políticas como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) [139], se consideraron las bases de las políticas de mantenimiento utilizadas en otros países como Chile [140] [141] [142], Costa Rica [143], Estados Unidos, África [144] España [145] [146] y Argentina [147]. Éste criterio se utilizó para definir políticas factibles tanto a nivel técnico como económico.

Las políticas que se pueden aplicar en la gestión vial provincial pueden surgir de muchas combinaciones de diferentes escenarios y parámetros medibles y evaluables, en la presente documentación se establecieron los siguientes criterios para establecer las variantes políticas en coordinación con la optimización de alineamientos propuestos:

- **Política N° 0 o Base 0 (Escenario de mantenimiento rutinario)**

Es un escenario básico de mantenimiento presentado en la Tabla N° 79 que comprende la combinación de actividades de conservación rutinaria presentados en la Tabla N° 75 con la adición de un Bacheo del 20% del área total de baches que se presenten y un sello asfáltico de 8mm cuando el área de bacheo supere el 30% del área de la vía en estudio, se diseñó así debido a que con este tipo de actividades no se ejerce mayor influencia en la progresión de los indicadores de deterioro y permite observar en la modelación el avance máximo de los tipos de deterioro en el periodo estudiado.

POLITICA 0
AL INICIAR LA EXPLOTACIÓN VIAL
Mantenimiento Rutinario Anual.
Bacheo del 20% del área total de baches que se presenten.
Sello Asfáltico de 8mm cuando el área de bacheo supere el 30% del área de estudio

Tabla N° 79 Proyecto base – política de mantenimiento 0  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]



• **Política Base N° # (Escenario de mantenimiento periódico)**

A continuación en la Tabla N° 80 – Tabla N° 81 se pueden observar las diferentes políticas de administración de algunos países como E.E.U.U, Chile, Canadá donde los planes de intervención han sido llevados con mucho éxito.

<b>POLITICA ASOCIADA A LOS NIVELES EXIGIDOS EN CONCESIONES</b>	
IRI > 3.5 [m/Km]	RECAPEO CON 50mm DE CARPETA ASFALTICA
AREA AGRIETADA > 10%	LECHADA ASFALTICA
CRITERIO DE BACHEO 80 [m <sup>2</sup> /Km/ Año]	BACHEO
1 VEZ AL AÑO	RUTINARIO

Tabla N° 80 Política asociada a concesiones

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

<b>POLITICA ASOCIADA A LAS DIRECCIONES DE VIALIDAD</b>	
IRI > 5 [m/Km]	RECONSTRUCCION CON 50 mm DE CARPETA ASFALTICA/ 90 mm DE BASE ASFALTICA/ 150mm DE BASE GRANULAR / 150 mm SUBBASE
IRI > 4.5 [m/Km]	RECAPEO CON 50 mm DE CARPETA ASFALTICA Y 80 mm DE BASE ASFALTICA
AREA AGRIETADA > 20%	LECHADA ASFALTICA
CRITERIO DE BACHEO 80 [m <sup>2</sup> /Km/ Año]	BACHEO
1 VEZ AL AÑO	RUTINARIO

Tabla N° 81 Política asociada a las direcciones de vialidad

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Es así que en la definición de las posibles políticas de intervención para la provincia se pueden organizar y fundamentalmente definir en función de los parámetros escogidos para su evaluación, en el presente proyecto de titulación se exponen a medida de guía las siguientes políticas de intervención expuestas en la Tabla N° 82.



	BACHEO [m <sup>2</sup> /via-Km/Año]	MTTO. RUTINARIO / Año	IRI [m/km]	CRITERIO INTERVENCIÓN
TMDA < 300	80	1		BACHEO
		1	>3.5	RECAPEO1
		1	>4	RECAPEO2
		1	>5	RECAPEO2 - 3
		1	>6	RECONSTRUCCION 1 / RECAPEO2
		1	>7	RECONSTRUCCION 1 / RECAPEO2
300 < TMDA < 1200	80	1		BACHEO
		1	> 8	RECAPEO7
		1	>3.5	RECAPEO2
		1	>4	RECAPEO3
		1	>5	RECAPEO3 / RECAPEO6 / RECAPEO7
		1	>6	RECONSTRUCCION 2 / RECAPEO6 - 7 - 8
1200 < TMDA < 3000	80	1		BACHEO
		1	> 6	RECONSTRUCCION 1
		1	>3.5	RECAPEO3
		1	>4	RECAPEO3
		1	>5	RECAPEO4
		1	>6	RECONSTRUCCION 3 / RECAPEO4
TMDA > 3000	80	1		BACHEO
		1	> 6	RECONSTRUCCION 1
		1	>3.5	RECAPEO4
		1	>4	RECAPEO5
		1	>5	RECAPEO5
		1	>6	RECONSTRUCCION 4
		1	>7	RECONSTRUCCION 4

Tabla N° 82 Políticas de intervención sugeridas según categoría del tráfico

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

Se presenta la opción de políticas de intervención en función del Índice de Rugosidad Internacional en la Tabla N° 83 y en la Tabla N° 84 los criterios de intervención



en función base de la Pérdida del Agregado, ambos factores bases combinados con otros parámetros visibles e inspeccionables, es así que para iniciar con el Sistema de Gestión se propone las siguientes políticas:

CRITERIO BASE DE EVALUACION	BACHES [N°/Km]	AHUELLAMIENTO [mm]	AREA DAÑADA [%]	MTTO. RUTINARIO / Año	CRITERIO DE INTERVENCION				
					RECAPEO1	RECAPEO2	RECAPEO3	RECAPEO4	RECAPEO5
IRI > 3.5	> 70	> 10	> 25	1	RECAPEO1	RECAPEO2	RECAPEO3	RECAPEO4	RECAPEO5
	> 100	> 10	> 25	1					
	> 130	> 10	> 25	1					
	> 70	> 10	> 30	1					
	> 100	> 10	> 30	1					
	> 130	> 10	> 30	1					
	> 70	> 10	> 35	1					
	> 100	> 10	> 35	1					
	> 130	> 10	> 35	1					
IRI > 4	> 70	> 10	> 25	1	RECAPEO1	RECAPEO2	RECAPEO3	RECAPEO4	RECAPEO5
	> 100	> 10	> 25	1					
	> 130	> 10	> 25	1					
	> 70	> 10	> 30	1					
	> 100	> 10	> 30	1					
	> 130	> 10	> 30	1					
	> 70	> 10	> 35	1					
	> 100	> 10	> 35	1					
	> 130	> 10	> 35	1					
IRI > 5	> 70	> 10	> 25	1	RECAPEO1	RECAPEO2	RECAPEO3	RECAPEO4	RECAPEO5
	> 100	> 10	> 25	1					
	> 130	> 10	> 25	1					
	> 70	> 10	> 30	1					
	> 100	> 10	> 30	1					
	> 130	> 10	> 30	1					
	> 70	> 10	> 35	1					
	> 100	> 10	> 35	1					
	> 130	> 10	> 35	1					

**Tabla N° 83 Política de intervención sugerida según índice de rugosidad internacional**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]

				AGRIETAMIENTO [%]	AREA DAÑADA [%]	MTTO. RUTINARIO / Año				
CRITERIO BASE DE EVALUACION							CRITERIO DE INTERVENCION			
PERDIDA DE ARIDO > 20%				> 15	> 20	1	SELLO GRANULAR			
				> 15	> 25	1				
				> 15	> 30	1				
				> 20	> 20	1				
				> 20	> 25	1				
				> 20	> 30	1				
				> 25	> 20	1				
				> 25	> 25	1				
				> 25	> 30	1				
PERDIDA DE ARIDO > 30%				> 15	> 20	1				
				> 15	> 25	1				
				> 15	> 30	1				
				> 20	> 20	1				
				> 20	> 25	1				
				> 20	> 30	1				
				> 25	> 20	1				
				> 25	> 25	1				
				> 25	> 30	1				
				> 15			LECHADA ASFALTICA			
				> 20						
				> 25						
				> 15						
				> 20						
				> 25						

**Tabla N° 84 Políticas de intervención sugeridas según pérdida del agregado**

**Fuente:** Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [127]



---

### 3.9.8. Análisis económico de las propuestas

Para realizar la evaluación económica y desarrollar las comparaciones, a fin de encontrar la alternativa más rentable, se recomienda considerar

- Beneficios tanto de los usuarios como los beneficiarios de los trabajos,
- Los costos de operación vehicular,
- Los costos de conservación de la carretera
- Los costos sociales que produce el proyecto en la zona de influencia

Un método simple es construir una curva de costos y establecer el punto más bajo de la curva [148].

$$CAUE = \frac{C}{t} + M_0 + M \times t^n$$

Ecuación N° 35

CAUE: costo anual uniforme equivalente (\$ / kilómetro).

C: costo de construcción (\$ / km)

M<sub>0</sub>: costo de mantenimiento inicial (\$ / km / año)

M: coeficiente de incremento de los costos de mantenimiento (\$ / km / año)

n: exponente de la tasa de incremento de los costos de mantenimiento

t: vida útil del tratamiento

En la actualidad existen muchas aplicaciones tecnológicas para un efectivo y completo análisis de propuestas de mantenimiento dichos programas realizan simulaciones muy complejas en tiempos cortos, adicionalmente de aplicar diversos criterios y métodos de evaluación económica de una manera analítica y precisa siendo el más utilizado a nivel mundial el HDM-4, programa auspiciado por el BID.





---

### **3.9.9. Planificación y programación del mantenimiento**

La planificación y programación de la conservación vial, es un proceso continuo y dinámico con el tiempo.

No se debe olvidar que Planificar es decidir qué se ha de hacer. Programar es decidir cuándo se ha de hacer.

Para una adecuada planificación y programación en la gestión de mantenimiento vial se propone en la Ilustración N° 31 el ciclo para una correcta planificación vial. Como se puede observar el ciclo propuesto consta de seis fases a considerar:

**Metas y Objetivos:** en esta primera parte y la más importante se define los alcances del programa de gestión vial, generalmente está restringido principalmente por los techos presupuestarios destinados para mantenimiento por parte de cada Institución.

**Identificación de las necesidades:** en esta fase de la planificación se determinan las condiciones en las cuales se encuentra la red vial a intervenir, sus efectos dentro de la provincia, se realiza el inventario vial con información actualizada y confiable.

**Priorización y optimización:** una vez obtenido el estado de las redes viales se procede a la jerarquización vial y a realizar el análisis económico, técnico y social de las diferentes propuestas para el mantenimiento vial de la red.

**Planes y Programas:** una vez filtrados los proyectos a ejecutar así como las estrategias a ejecutar, se proceden a realizar y plasmar los planes de intervención de actividades de mantenimiento, considerando factores como clima, recursos financieros y mano de obra entre otros.

**Estrategias de Financiamiento:** una adecuada planificación debe ir a la mano con un flujo adecuado de dinero en el tiempo y momento oportuno, por lo que las instituciones deben garantizar la disponibilidad de fondos para los diferentes trabajos a ejecutar.

**Seguimiento y monitoreo:** una vez culminados los trabajos de intervención de mantenimiento vial, obligatoriamente se debe registrar los aspectos más relevantes suscitados en la ejecución de la obra para de esta manera mantener actualizado el sistema de gestión, adicionalmente se deberán comparar las situaciones antes del proyecto con las actuales para de esta manera tener una mejora continua en el sistema.



Ilustración N° 31 Ciclo de planificación  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [49]

### 3.9.10. Ahorro en costos de operación de vehículos

Tomando los porcentajes obtenidos en vías chilenas por Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda., publicados en su obra “Efectos sobre los Usuarios de las Obras de Infraestructura Pública Concesionada”, se resume el siguiente análisis [149]:

- En aquellos tramos en que la característica principal es el paso de una calzada en bueno y regular estado a otra sin la debida atención y en regular a mal estado, (asumiendo el 50% de su trazado), los ahorros de combustible para los vehículos livianos son significativos, alcanzando hasta un 30%. Para los vehículos pesados este ahorro se sitúa entre el 20% y 40%, aun cuando esta cifra máxima es hipotética puesto que en tramos angostos y de gradientes altas suele registrarse alto flujo de camiones. En tramos sin congestión, los vehículos livianos no presentan ahorros de importancia, en cambio el ahorro para los vehículos pesados alcanza hasta el 17 %.

Los demás componentes del costo de operación: (repuestos, mantenimiento, neumáticos y lubricantes) varían sus ahorros de acuerdo a la Tabla N° 85 cuyos porcentajes tienen, según sus autores, el respaldo de una detenida investigación:

	TIPO DE VEHICULO	
	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
REPUESTOS	26%	49%
MANTENIMIENTO	15%	30%
NEUMATICOS	18%	20%
LUBRICANTES	20%	7%

Tabla N° 85 Ahorros estimados en componentes vehiculares por mejoras viales  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [149] [150]

### 3.9.11. Indicadores de la eficiencia de la gestión vial

Los indicadores de eficacia en la gestión de carreteras. Se trata de un tema nuevo en el mundo académico vial que resulta una herramienta fundamental para el manejo de cualquier organización o sistema.

Tradicionalmente, las expectativas de gestión de una administración vial pública han sido bastante modestas [151]: entregar el mejor servicio posible, al mínimo costo.



Esta simple y antigua definición en nuestra época sigue siendo válida, pero no es suficiente para los usuarios actuales, que son más conscientes de sus derechos como contribuyentes y soportes del sistema público, y demandan en forma creciente por el cumplimiento de estándares de servicio mayores y cargas tributarias o tarifas menores.

Esto ha generado que las instituciones encargadas del mantenimiento vial en la provincia empiecen a modificar su visión acerca del mantenimiento e inicien en un camino de proporcionar accesibilidad, movilidad, seguridad en el tránsito, medio ambiente, salud poblacional, comunidad y equidad en lo que refiere a la igualdad en las prestaciones para todos las regiones de la provincia, además de ser eficaces al mínimo costo.

Las instituciones rectoras de la vialidad no solo en la provincia sino en el país son cada día más cuestionadas y juzgadas por la opinión pública quienes exigen resultados de las gestiones realizadas y la rendición de cuentas de los trabajos ejecutados.

Esta nueva concepción de la actividad pública es sana y muy buena <sup>[152]</sup> para la sociedad, pero presenta además beneficios prácticos para el administrador vial <sup>[151]</sup>:

- Justificación ante opinión pública de los presupuestos asignados;
- Impulsa al organismo vial a considerar la creación de indicadores capaces de englobar diferentes actividades para la medición del beneficio de los usuarios, comparación de equipos de trabajo, regiones, etc.;
- Un adecuado manejo de indicadores permite a las instituciones entrar en un círculo de mejora continua es decir; corregir procesos defectuosos o suplir falencias y así mejorar el servicio, si la gente recibe mejores prestaciones entonces está dispuesta a pagar más, y si se recauda más se puede hacer más.

En la Tabla N° 86 se presenta los principales índices utilizados en otros países y que serán adaptados a nuestra realidad provincial.

ASPECTOS	ARGENTINA	CUBA	ESPAÑA	CHILE	BOLIVIA	PUERTO RICO	MEXICO	GUATEMALA	VENEZUELA	PORTUGAL	URUGUAY
Uso de los recursos	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
Evolución de estado de la red vial		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Evolución del patrimonio vial		•	•	•	•						•
Imagen de la gestión			•				•			•	•
Seguridad Vial		•	•	•			•			•	
Congestión			•	•		•	•			•	
Económicos		•	•	•	•		•	•	•		•
Medioambiente		•	•	•			•	•	•	•	•
Accesibilidad			•				•			•	

**Tabla N° 86 Principales indicadores utilizados mundialmente**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [153]

Para el presente proyecto de titulación se decide implementar los indicadores en función de dos conceptos básicos [154]:

- **INDICADOR FUNCIONAL:** Un indicador que traduce un resultado asociado a una función de los activos y que ha obtenido una evaluación directa de dicho resultado. Los resultados funcionales pueden depender de las características funcionales que se esperan de los caminos y carreteras y de su uso. Un indicador funcional es también llamado indicador de servicio.
- **INDICADOR TÉCNICO:** es una herramienta de análisis netamente técnico que sirve para medir e interpretar el comportamiento del pavimento. Un indicador técnico traduce una propiedad física de los activos de la carretera o una propiedad funcional calculada como una combinación de propiedades físicas.

Se decidió utilizar esta división debido a:

1. Los indicadores funcionales son los que mejor aceptan y comprenden a los actores de los caminos y las carreteras además de otros operadores (usuarios y vecinos). Integran, frecuentemente, una dimensión “psicológica” que contribuye a la buena adaptación de los actores, pero es difícilmente utilizable por los operadores de caminos y carreteras para, en su caso, diagnosticar y tomar decisiones de acción correctiva.

2. Al contrario, los operadores de caminos y carreteras pueden explotar mejor a los indicadores técnicos que les permiten comprender los vínculos entre las características viales y las expectativas de los actores.

En este sentido, la comparación de los indicadores de Gestión de Alto Nivel (IGAN) técnicos y funcionales, puede crear comparaciones prometedoras para aumentar la contribución de las infraestructuras a sus propios resultados, y ayudar a los operadores de carreteras a mejorar la respuesta que aportan sus infraestructuras a las diversas exigencias de los actores.

- **Identificación de actores**

Dentro del proyecto de titulación se identificaran dos Tipos de actores con sus respectivas subcategorías las cuales se describen a continuación:

- **Grupo A. Los que esperan un servicio de la red de caminos y carreteras**

Estos actores expresan ciertas expectativas hacia la red de carreteras. Generalmente, no se definen a sí mismos como indicadores que permiten medir su satisfacción, sino que, más bien se expresan por medio de las voces sociales o políticas.

Dentro de este grupo se definen 4 categorías:

**Usuarios:** son todas aquellas personas que utilizan las vías en la Tabla N° 87 se aprecian los usuarios más comunes de un proyecto vial.

GRUPO A.1. USUARIOS	
TRANSPORTE DE CARGA	Operador de servicio de transporte que utiliza la infraestructura vial. Esta subcategoría incluye a las a las empresas públicas o privadas cuya profesión es transportar pasajeros o carga
VIAJEROS PRIVADOS	Las personas que usan la infraestructura vial muy frecuentemente, conductores o pasajeros de un vehículo; el trayecto puede ser: trabajo, escuela o negocios.
TURISTAS	Esta sub-categoría reagrupa a las personas que utilizan la infraestructura vial de vez en cuando o por viajes turísticos, como conductores o pasajeros de un vehículo.
ACTORES VULNERABLES	Ciclistas que utilizan la infraestructura vial de manera esporádica o frecuente.

Tabla N° 87 Actores sociales: grupo A1 - usuarios de la carretera

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [127]



**Vecinos:** las personas cuyas viviendas o negocios se encuentran adyacentes a las redes viales, aunque no siempre son usuarios y son beneficiarios del sistema. En la Tabla N°88 se puede los actores considerados dentro de este grupo.

GRUPO A.2. VECINOS	
RESIDENTES	Toda persona que vive a lo largo de una calle o una carretera.
COMERCANTES	Todo establecimiento comercial, tienda mayorista instalada a lo largo de la carretera o de una calle y cuyas entradas y salidas (accesos) den directamente a la vía.
EMPRESARIOS INDUSTRIALES	Toda instalación industrial, fábrica u otro sitio de producción que tengan un acceso directo (entrada o salida) a la red vial.
ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS	Las personas que van o trabajan en las escuelas, hospitales, edificios administrativos y, generalmente, edificios públicos

Tabla N° 88 Actores sociales: grupo A2 – vecinos de la carretera  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [127]

**Organismos de financiamiento:** Como se puede observar en la Tabla N° 89 se define como toda institución o persona vinculada con el flujo monetario para el mantenimiento vial.

GRUPO A.3. ORGANISMOS FINANCIAMIENTO	
BANCOS DE DESARROLLO	Organismos financieros que acuerdan préstamos a los países (generalmente en vías de desarrollo), para desarrollar su economía. Una parte de estos préstamos está orientada a la mejora, a la extensión y, aún más, a la reconstrucción de sus redes viales, lo cual es visto como una herramienta indispensable para el desarrollo económico. Los préstamos son acordados tras minucioso estudio que prueba la congruencia de las inversiones que serán realizadas con dichos fondos.
ACCIONISTAS	Actores que han establecido fondos comunes y que los han invertido en una concesión (vial en este caso).
MINISTERIOS DE FINANZAS	Organismos de derecho público que invierten los medios financieros en el desarrollo, conservación y explotación de las redes viales.
COMPAÑÍAS DE SEGUROS	Sociedades que aportan protección contra riesgos de accidente.

Tabla N° 89 Actores sociales: grupo A3 – organismos de financiamiento de la carretera  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [127]

**Sociedad en general:** como su nombre lo dice son todas aquellas personas que no son usuarias ni beneficiarias de la carretera pero indirectamente están relacionadas con ella.

- **Grupo B. Las autoridades de caminos y carreteras**

Este grupo reúne actores que intervienen sobre la red de carreteras para asegurar que éste, aporte respuestas apropiadas a las expectativas de los actores del “grupo A”. Necesitan Indicadores de Alto Nivel que cubran todas las expectativas de los actores del “grupo A”, para poder seguir sus redes y efectuar un diagnóstico y decidir dónde, cuándo y cómo tienen que intervenir en las carreteras. Únicamente estos actores utilizan los indicadores técnicos.

Para el presente proyecto de titulación se recomienda la utilización de dos subgrupos que abarcan los posibles casos:

Propietarios de la red: se define a los propietarios de la red a toda aquella persona natural o jurídica que es dueña por decirlo así de la red de camino, en la Tabla N° 90 se definen dos posibles actores:

GRUPO B1: PROPIETARIOS DE LA RED	
PUBLICOS	El propietario de los activos de caminos y carreteras es el que asume la responsabilidad principal de esta infraestructura. Es responsable de su gestión estratégica a largo plazo en el interés de los actores y de la comunidad así como de la repartición de presupuesto.
PRIVADOS	Estas partes interesadas poseen las vías en el sentido literal del término; son propietarios del terreno así como de la construcción de los caminos y carreteras, ya que pagan su construcción y conservación

Tabla N° 90 Actores viales: grupo B1 – organismos de financiamiento de la carretera

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [127]

Operadores de la red: generalmente son las instituciones que se encuentran a cargo de la explotación de la red vial. En la Tabla N° 91 se observa los actores recomendados para este grupo.





<b>GRUPO B2: OPERADORES DE LA RED</b>	
<b>DIRECCION DE CAMINOS Y VALIDAD</b>	Todo servicio que ejerce la gestión de una red vial pública. Esto significa que toma, en nombre y con acuerdo del propietario, todas las decisiones de extensión, conservación, desarrollo y explotación de esta red; su papel es central
<b>CONCESIONARIAS</b>	Organismo público y/ o privado a quien, la autoridad pública le confía la totalidad o parte del financiamiento, de la construcción, de la extensión, del Desarrollo, de la conservación y de la explotación de la red vial contra la recaudación de una cuota directamente aplicada al actor o al propietario
<b>PROPIETARIOS LOCALES</b>	Servicios territoriales que toman, localmente, las decisiones de conservación y explotación de la Dirección de Caminos y Carreteras (sobre la red pública) o de los concesionarios (sobre las redes concesionadas)

**Tabla N° 91 Actores viales: grupo B2 – operadores de la red**

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [127]

- **Definición de expectativas de los actores**

Fundamentalmente las redes viales deben contribuir al desarrollo constante de una sociedad. Para lograr este objetivo, tienen que funcionar eficazmente. Sin embargo, la experiencia prueba que hay otras exigencias como las mostradas en la Tabla N° 92 que también se aplican a este funcionamiento [151] [152] [127]:

Expectativas de los actores		Usuarios	Vecinos	Financista	Sociedad	Propietarios
Seguridad		X	X	X	X	X
Eficacia de funcionamiento	Fluidez del tráfico	X	X			
	Reducción del Tiempo de viaje	X	X			
	Mejora de la regularidad del tiempo de viaje	X	X			
	Accesibilidad	X	X			
	Áreas de estacionamiento	X	X			
	Consumo de energía	X			X	
Atractivos de la red	Comodidad	X				
	Servicios e informaciones	X	X			
	Facilidad del trayecto	X				
	Estética y limpieza	X	X			
Desarrollo socioeconómico	Desarrollo socioeconómico			X	X	
	Eficacia Socioeconómica					
	Integración Socioeconómica					
Rentabilidad de la red	Retorno sobre la inversión			X		
	Riesgo de Inversión			X		
	Oportunidad de aumento de negocios			X		
	Eficacia en la Gobernanza			X		
Preservación	Preservación del medioambiente	X	X		X	X
	Preservación de recursos naturales	X	X		X	X
	Neutralidad frente al cambio climático	X	X		X	X
	Respeto de la Salud Pública	X	X		X	X
Marco de vida	Preservación de herencia cultural				X	
	Catastrofes naturales				X	
Gestión técnica	Gestión y mejora del estado de los activos					X
	Valor Patrimonial					X
	Repartición de presupuestos					X
	Conformidad con las normas					X

Tabla N° 92 Principales expectativas de la red de caminos

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [151] [152] [153]

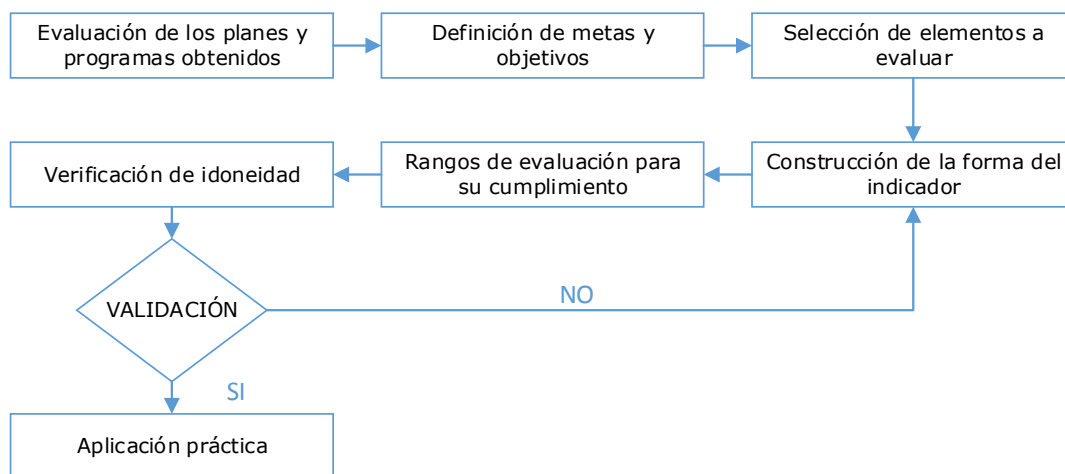
Aunque algunas expectativas parecieran ser iguales tanto para un actor como para otro de distinto grupo hay que indicar que los puntos de interés de cada uno son diferentes, en el Anexo N° 22 se presenta un cuadro resumen de las principales expectativas y exigencias de los actores que interviene en la explotación vial.

### • Indicadores sugeridos

Un indicador es una expresión cualitativa o cuantitativa observable que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que

comparada con periodos anteriores o bien frente a una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo <sup>[155]</sup>

Los indicadores que se recomienda en la presente Tesis permiten evidenciar el nivel de cumplimiento acerca de lo que están haciendo las instituciones rectoras de la vialidad y sobre los efectos de sus actividades en la sociedad. Para la construcción de los indicadores se utilizó el procedimiento definido en la Ilustración N° 32 donde se considera cada una de las fases para lograr un adecuado indicador.



**Ilustración N° 32 Procedimiento base para la construcción de indicadores**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada <sup>[127]</sup>

Como complemento al sistema propuesto se presentará en el Anexo N° 23 una breve guía de los indicadores que el autor considera aplicables al sistema de gestión vial.

### **3.10. RECURSOS ECONÓMICOS PARA LA GESTIÓN VIAL EN EL AZUAY**

Como se explicó al inicio de este proyecto de titulación, las vías constituyen un servicio público, como tal, deben igualarse y tener el mismo trato que otros servicios públicos donde los usuarios pagan una tarifa por su uso como el suministro de agua potable y alcantarillado, recolección de basura, de energía eléctrica, de los servicios telefónicos, este pago que realizan los beneficiarios de tales servicios públicos constituyen un ingreso para la institución proveedora quien designa de mejor manera la disposición para su uso según sus necesidades.

Para determinar el financiamiento necesario para la Gestión Vial en la Provincia del Azuay es necesario tener claro la regla de oro: “Es imposible que un financiamiento

asegurado, estable y de largo plazo para la conservación de los caminos pueda basarse en los fondos provenientes del presupuesto fiscal ordinario, sobre todo si las decisiones respecto de ese financiamiento dependen de la discusión política que tiene lugar todos los años sobre la asignación de dichos fondos.” [18]

Tradicionalmente se ha entendido que el mantenimiento de los caminos es una obligación de las instituciones encargadas en su territorio, y la población ha visto a la vialidad como una prestación social como la salud pública, la seguridad o la educación. Esta concepción equivocada de la población ha sido contraproducente para la Gestión Vial pues no se ha generado responsabilidad entre los usuarios que se benefician de los caminos [156].

Conforme a la Constitución, los GAD generan sus propios recursos financieros y participan de las rentas del Estado, de conformidad con los principios de subsidiariedad, solidaridad y equidad interterritorial [157]

Una estimación de transferencias a los gobiernos autónomos descentralizados se muestra en la Tabla N° 93 y como es de suponer todos estos recursos financieros no son suficientes para solventar las necesidades de la provincia, en tal efecto existe la necesidad de crear nuevas formas de ingreso financiero para ser destinado a planes y programas de conservación.

PROVINCIAL	\$ 30,675,114.30
CANTONAL	\$ 80,406,237.11
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 111,081,351.41</b>

**Tabla N° 93** Estimación de recursos financieros para el Azuay

Fuente: Elaboración Propia, en base a varia documentación recogida e investigada [158]

Actualmente en la provincia del Azuay se cobran impuestos como: Impuesto al combustible, impuesto al rodaje y pago por mejoras y beneficios, estos son los principales ingresos que perciben los GAD relacionados con el mantenimiento vial.

En la Tabla N° 94 se presentan los principales recursos financieros con los que cuentan los GAD para la competencia de sus actividades.



TIPOS DE RECURSOS	DESCRIPCION	SUSTENTO
INGRESOS PROPIOS DE LA GESTIÓN	Recursos que provienen de impuesto, tasas y contribuciones especiales de mejoras generales o específicas; los de venta de bienes y servicios; los de renta de inversiones y multas; los de venta de activos no financieros y recuperación de inversiones; los de rifas, sorteos, entre otros ingresos.	COOTAD ART. 172
TRANSFERENCIAS DEL PRESUPUESTO GENERAL DEL ESTADO	Asignaciones que les corresponde a los GAD del PGE correspondientes a ingresos permanentes y no permanentes; los que provengan del costeo de las competencias a ser transferidas, y los transferidos de los presupuestos de otras entidades de derecho público.	COOTAD ART. 173
OTRO TIPO DE TRANSFERENCIAS, LEGADOS Y DONACIONES	Los fondos recibidos sin contraprestación, del sector interno o externo; estos pueden provenir del sector público, privado, del sector externo, que incluyen donaciones y los recursos de la cooperación no reembolsables.	COOTAD ART. 174
PARTICIPACIÓN EN LAS RENTAS DE LA EXPLOTACIÓN O INDUSTRIALIZACIÓN DE RECURSOS NO RENOVABLES	Los que provienen de la compensación a los GAD donde se explote e industrialice recursos naturales no renovables de cuando las mismas tienen lugar en sus circunscripciones, en consecuencia, tiene un carácter compensatorio.	COOTAD ART. 175
RECURSOS PROVENIENTES DE FINANCIAMIENTO	Son los recursos de financiamiento que obtienen de la captación del ahorro interno o externo, para financiar prioritariamente proyectos de inversión.	COOTAD ART. 176

**Tabla N° 94 Recursos financieros de los GADs**  
Fuente: Elaboración Propia, en base a varía documentación recogida e investigada [104]

Con el fin de impulsar el desarrollo integral sostenible de las carreteras rurales del Azuay, es necesario generar un “Modelo Vial Territorial”, la creación de recursos financieros a través del cobro por el uso de la carretera (*peaje*)<sup>11</sup> es una alternativa óptima y viable, se debe realizar una propuesta al Gobierno Nacional para manejar la red vial estatal por delegación y el eje interno de la provincia por 30 años, los recursos que se obtengan producto de la recaudación de los peajes se invertirían en la rehabilitación, conservación y la provisión de servicios en las vías asignadas, de esta manera con un adecuado manejo administrativo y financiero de estos recursos se

<sup>11</sup> Se denomina peaje al pago que se efectúa como derecho para poder circular por un camino [206]

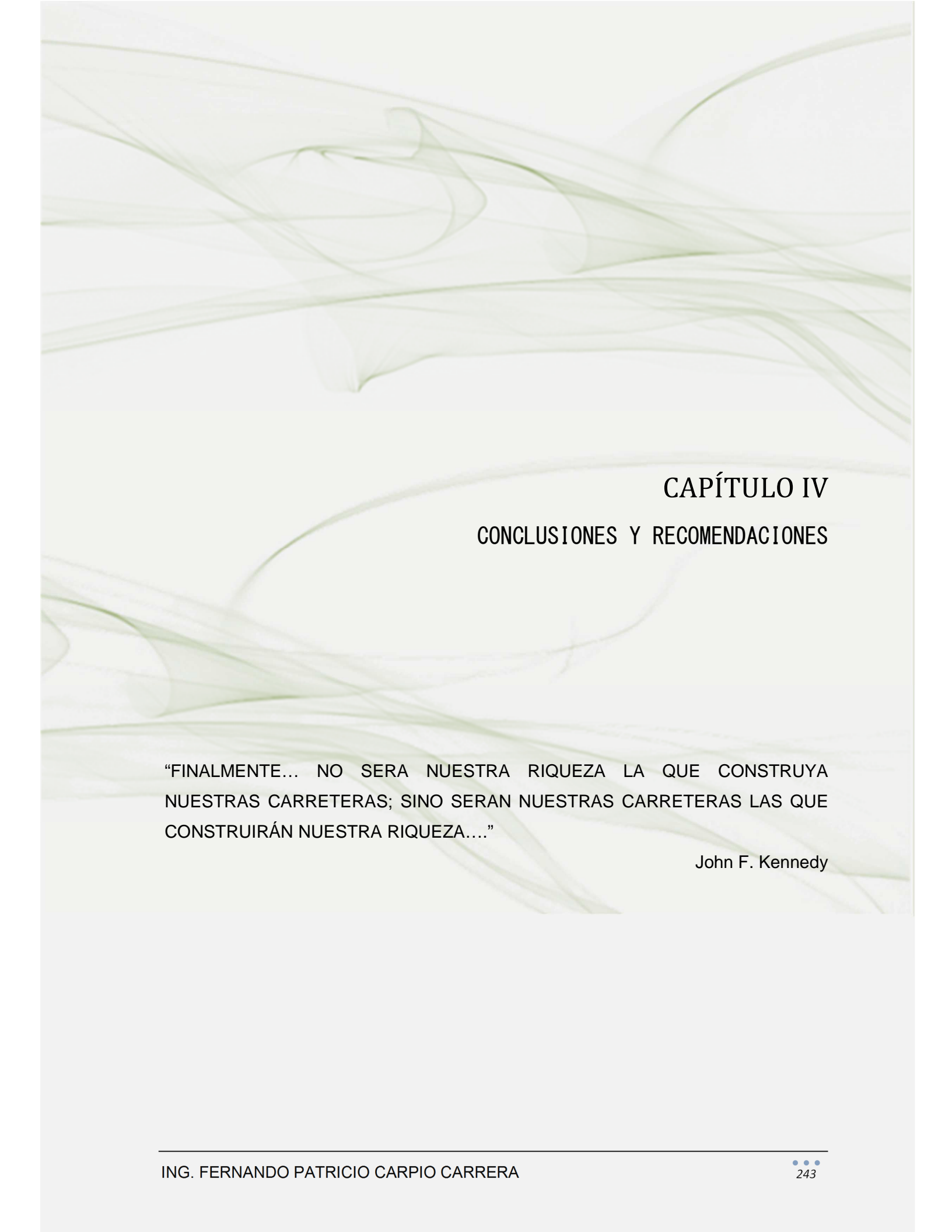


podrá mantener las vías en la provincia además de incrementar las vías asfaltadas con un adecuado flujo financiero para su mantenimiento.

Existen entonces diversos esquemas posibles, y es común combinar los mismos según se trate de diferentes categorías de redes. Cada caso es diferente y no es posible brindar recetas preconcebidas al respecto. Sin embargo, a la hora de establecer las fuentes de financiamiento para el mantenimiento vial deben considerarse particularmente los siguientes aspectos [22]:

- Brindar sostenibilidad al financiamiento del mantenimiento vial, minimizar la incertidumbre respecto a la disponibilidad de recursos al menos en el mediano plazo, evitar favorecer la expansión de la red vial a costa de los recursos para el mantenimiento, y permitir planificar las inversiones con base en criterios técnicos y económicos de optimización.
- Asegurar que los recursos con que se grava a los usuarios se destinen al sector. Históricamente en América Latina pueden encontrarse varios ejemplos de fondos o impuestos específicos orientados para el sector, pero que finalmente fueron re direccionados hacia otros sectores y fines, muchas veces derivados directamente a rentas generales.
- Evitar su manipulación para cubrir cuestiones de índole macroeconómica.
- Diseñar adecuadamente el sistema de cargos a los usuarios a fin de reducir, en la medida de lo posible, la magnitud de los subsidios cruzados (urbano-rural, pesado-liviano, etc.).
- El sistema debe ser concebido de manera que los usuarios perciban un adecuado beneficio respecto de su contribución, medido por ejemplo a través de la relación beneficio-costos (B/C).

Ningún sistema es perfecto, y cada situación merece un análisis particular. Lo que no está en duda, en ningún caso, es la necesidad de asegurar los fondos para el mantenimiento en el mediano y largo plazo, lo que junto a una utilización racional, eficaz y eficiente, garantizará el nivel de servicio que permita la materialización efectiva de los beneficios económicos esperados de la inversión en la red vial. [159]



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“FINALMENTE... NO SERA NUESTRA RIQUEZA LA QUE CONSTRUYA NUESTRAS CARRETERAS; SINO SERAN NUESTRAS CARRETERAS LAS QUE CONSTRUIRÁN NUESTRA RIQUEZA....”

John F. Kennedy

---

## **4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Con la información recopilada y analizada, se pudo demostrar mediante una sencilla comparación, que el conjunto de acciones de mantenimiento vial tanto periódicas y rutinarias, ejecutadas, en los niveles necesarios y oportunamente, se encuentran muy por debajo de los costos que implica realizar una rehabilitación, mejoramiento o reconstrucción.

Al realizar las acciones de mantenimiento rutinario y periódico, los costos vehiculares se reducen en relación a una vía sin mantenimiento y en condiciones pésimas. Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, implican la adopción de un modelo de gestión de conservación vial, el cual permita implementar un esquema sano de conservación.

### **4.2. CONCLUSIONES**

- Dentro del presente proyecto de titulación se realiza una propuesta para un modelo de gestión vial, que administra de una manera eficaz, eficiente y efectiva la red vial de la provincia, que integre todos los elementos de las carreteras, manteniendo niveles de confort, seguridad, y confiabilidad en estándares óptimos y aceptables para los usuarios y beneficiarios de las vías a intervenir.
- Al mantener una vía, en muy buen estado de su calzada, mediante una adecuada estrategia de conservación con acciones de intervención en una combinación de Mantenimiento Rutinario y Periódico (MR&MP) representa para las instituciones encargadas de la gestión vial en su territorio, un ahorro significativo de dinero en la conservación de toda la red bajo su competencia.
- Entre los varios modelos de conservación, se propone el modelo de mantenimiento integral, pues se ajusta a los requerimientos de nuestras vías, obteniendo grandes ventajas, entre ellas, la liberación al estado de la carga laboral, rápidas respuestas para atender a los problemas presentados, se mantiene la transitividad y seguridad vial.
- Se concluyó, que el interés de muchas instituciones públicas, frente a la Gestión Vial, es netamente político y de captación de votos, pues muchas veces, el



interés es más por el mantenimiento y mejoramiento vial de vías afirmadas, en relación a mantener una red vial pavimentada. Sin considerar el daño social y económico que representa, es por ello, que se debe asesorar con criterios técnicos de conservación y rehabilitación, para orientar de mejor manera a las autoridades en la inversión de los recursos públicos.

- Una vía, tendrá un buen funcionamiento durante el periodo de diseño, si y solo si, los factores como son los estudios y diseños definitivos y a su vez la construcción, fue realizada correctamente, para lo cual se debe concientizar al personal técnico, para que se desarrollen los proyectos con los más altos grados de confiabilidad. A su vez se complementa con un programa de conservación, el cual deberá necesariamente aplicarse en el momento justo y con las acciones necesarias, el desfase de esta situación, provocará, realizar actuaciones inferiores a las requeridas y por lo tanto a la destrucción de la vía, o por otra parte se puede realizar acciones prematuras, provocando inversiones innecesarias.
- Uno de los factores que determinará el éxito de la intervención de conservación, es el inventario vial, pues permitirá conocer exactamente las condiciones actuales, sus principales problemas, la manera de enfrentarlos, lo cual permite programar actuaciones y presentar presupuestos para lograr mantener las vías.
- El tráfico es un factor determinante, pues si está mal concebido, se puede dar el caso de que la vía se exponga a una mayor repetición de cargas de tráfico, provocando que la estructura se deteriore, por lo que se debe evaluar continuamente el tráfico presente en la vía y sobre todo sus cargas admisibles.
- La vida útil de una carretera se ve directamente influenciada por:
  - Factores técnicos: planificación, diseño, construcción, ejecución y fiscalización de los trabajos.
  - Factores externos: ambientales, tráfico, agua,
  - Factores Internos: estructura y características de las capas, características del pavimento, entre otros.

Sin olvidar que el factor clave para alargar la vida útil de las estructuras viales es la implementación de un apropiado programa de mantenimiento que apliquen las instituciones rectoras de la vialidad territorial y de un uso consiente por parte de los usuarios y beneficiarios del proyecto.



- La red vial provincial, luego de las intervenciones realizadas por las diferentes instituciones encargadas no se ha conseguido que más del 30% de las vías se encuentre en buenas condiciones, el paso del tiempo y condiciones variables a las pronosticadas al momento del diseño han hecho que el estado de algunas de ellas comiencen a presentar problemas de forma temprana requiriendo, por este motivo, actuaciones de mejora para su óptimo funcionamiento.
- La explotación vial en el Ecuador no se encuentra potenciada de una forma adecuada, más del 75% de las carreteras están siendo administradas directamente de una forma deficiente, no existe una planificación en cuanto a temas de explotación, lo que ha provocado que las infraestructuras estén sujetas a su utilización sin mayor control y sobre todo sin un seguimiento de la evolución de sus elementos.
- En el Ecuador no existe una normativa que indique como se debe realizar la conservación en cuanto a su gestión, únicamente se tienen manuales de carreteras que más bien se tratan de especificaciones técnicas para las diferentes actividades de conservación, con este escenario se hace evidente la necesidad de incorporar en el país un sistema de gestión vial acorde a nuestras realidad nacional, nuestro territorio y nuestras necesidades, que optimice tanto los recursos financieros, tecnológicos, ambientales y humanos, que priorice y ejecute de manera oportuna los trabajos de mantenimiento necesarios, ayudando a la institución a reducir las inversiones innecesarias por mantenimiento emergente, alargando la vida útil de la infraestructura y mejorando la calidad de vida de los usuarios.
- Según la experiencia internacional se puede resumir que los contratos por: mantenimiento integral, mantenimiento por Indicadores de Estado, mantenimiento por concesión son alternativas aplicables en nuestro medio.
- En la provincia existe la necesidad de un Sistemas Gestión Vial de pavimentos aplicables a nuestras redes viales, esto a su vez conlleva a la necesidad de contar con modelos de deterioros, envejecimiento y comportamiento confiables, bien cuantificados y adecuadamente validados, en resumen se necesita iniciar un seguimiento de la vida útil de nuestras vías.
- Los resultados de la última década hablan por sí mismos, las decisiones de mantenimiento no han sido efectivas. Se tiene una red de carreteras con alto

deterioro que se encuentra en un nivel de deterioro avanzado, requiriendo medidas de intervención diferentes a las que se están aplicando en la actualidad.

- Entre los principales beneficios que genera un Sistema de Gestión Vial se puede mencionar:
  - Seguimiento del estado y las condiciones de la red vial para una rápida detección de incidentes, emergencias y eventos extremos.
  - Definición de las opciones de mantenimiento y alternativas óptimas que en el largo plazo genere un impacto positivo y sostenible sobre toda la red de carreteras.
  - Definición organizacional, roles y responsabilidades para que se ejecute una gestión vial con base en un nivel corporativo y no individual.
  - Definición organizacional que asigne la ejecución de obras de acuerdo con los alcances contractuales que sean de su competencia.
  - Análisis comprensivo en el largo plazo de los impactos en el desempeño de los activos de la carretera y sus costos asociados.
  - El uso de una estrategia adecuada de intervención de conservación permite a las Entidades rectoras en su territorio destinar fondos públicos en base a realidades debidamente justificadas y no de forma arbitraria.
  - Seguimiento y evaluación de las intervenciones realizadas versus intervenciones planificadas con el fin de evaluar el impacto de esas decisiones y retroalimentar el sistema.
  - Asignación presupuestaria acorde a los requerimientos de cada uno de los activos de la carretera.
- Las condiciones para establecer un Sistema de Gestión Vial son principalmente:
  1. Cambiar el antiguo modelo de “Gestión Vial” de gestión reactiva por gestión proactiva
  2. Romper el círculo vicioso relacionado con la Gestión Reactiva para asumir un ciclo virtuoso.
  3. La voluntad de las autoridades en los diferentes niveles administrativos, ya que son ellos los que toman las decisiones relacionadas al financiamiento.



### **4.3. RECOMENDACIONES**

A los entes rectores de la vialidad en su territorio:

- Se recomienda, hacer énfasis, en los beneficios económicos, sociales, técnicos, que se producen cuando se realizan actividades de conservación vial, principalmente a las autoridades que lideran las instituciones públicas, las cuales aprueben políticas integrales de la infraestructura vial.
- Se recomienda que las instituciones inviertan en la complementación de un Sistema Integral de Gestión Vial, el cual a más de los criterios vertidos en este documento sobre la Gestión de Conservación, complementen con modelos de gestión de rehabilitación y construcción, gestión de estructuras y puentes, y principalmente gestión en seguridad vial.
- Las instituciones deberán invertir en la capacitación y actualización de su personal técnico, fortaleciendo sus capacidades relacionadas con la regulación, evaluación seguimiento y control ante la implementación de cualquier modelo de mantenimiento vial lo cual, brindará un mayor panorama de actividades, con nuevas tecnologías, metodologías, que hagan de la conservación vial una política a implantar, en búsqueda de mejorar cada vez más nuestras redes viales.
- Los organismos rectores deben poseer la capacidad y habilidad institucional para gestionar la red vial en su territorio mediante diversas modalidades de conservación, desde administración directa, pasando por contratos de mantenimiento hasta las concesiones viales.
- Es necesaria la creación de un procedimiento institucional estable, confiable y eficaz, con mecanismos ágiles y transparentes para la atención y resolución de conflictos viales.
- Garantizar el flujo de recursos económicos, humanos, equipos y herramientas necesarios para un adecuado manejo de la red vial

De los contratos:

- La modalidad de ejecución que se proponga debe de considerar situaciones tanto financieras, políticas, de experiencias, capacidades y de interés para los proveedores de mantenimiento.



- Diseñar adecuadamente las condiciones a exigir en el momento de la recepción final.
- Flexibilizar los contratos de larga duración para admitir cambios tecnológicos.
- Incorporar a los contratos incentivos y penalidades de acuerdo a la realidad que se presenta en la zona de intervención.

#### De los sistemas de gestión vial

- Seleccionar e implementar el modelo de gestión que resulte más adecuado a la realidad local.
- Considerar en la selección y el diseño del modelo de gestión aspectos tales como:  
beneficio del usuario, equidad, impactos sociales, entre otros
- Considerar en la selección del sistema o combinación de modalidades los aspectos relacionados con la capacidad técnica, operativa y de control con que se cuenta, así como la eficacia, eficiencia y el costo asociado a su implementación.
- Tener un marco de políticas y estrategias eficaces, para el monitoreo y control de la condición el pavimento. Las actividades de control deben ser diseñadas y planificadas adecuadamente.
- Ejecutar un inventario y evaluación inicial, tanto físico o patrimonial como de condición.
- Incorporar umbrales de actuación alcanzables, adecuados con la realidad del territorio, técnica y económicamente factibles, y que estén asociados al nivel de servicio pretendido.
- Nunca olvidar que un Sistema de Gestión Vial es dinámico e interrelacionado entre todas sus fases y componentes es por eso que se debe poner especial atención en que la retroalimentación es el pilar fundamental en el éxito o fracaso de un sistema ya que permitirá mejorar continuamente las características del sistema.



De la experiencia recogida internacionalmente:

- Crear una unidad ejecutora especializada en gestión de proyectos e ingeniería, en donde se aplique la metodología y las buenas prácticas de aceptación internacional en ingeniería vial y gestión de proyectos, programas y portafolios.
- Se debe crear un fondo destinado a la conservación vial en la provincia, un capital proveniente de la aportación mediante un impuesto (ejemplo sobre el precio del combustible, tenencia, al rodaje) y mediante asignación del Estado, destinado al beneficio de los aportantes como principales beneficiarios de buen estado de las infraestructuras viales, ya que mejorara la calidad de vida, tiempos de recorridos, mantenimiento de los vehículos, entre otros.

A los usuarios y beneficiarios de los proyectos de conservación vial

- Se debe tomar conciencia que las vías si bien es cierto son bienes públicos de libre acceso y que el Estado garantiza la libre circulación y buen estado de las carreteras, es obligación social que los usuarios y beneficiarios de las mismas sean responsables con su uso, explotación y cuidado.
- No se debe olvidar que las vías son un servicio público al igual que la luz, agua, telefonía y demás servicios por los cuales se cancelan valores por su provecho.



#### **4.4. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] G. Salazar, Sistema Institucional de Gestión de las carreteras de segundo orden del Ecuador para disminuir costos de mantenimiento vial y de operación de vehículos, Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2008.
- [2] Asociación Mundial de la Carretera, Conservar las carreteras de su país para fomentar el desarrollo, 2016.
- [3] M. del Val Melús, Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras Españolas, Madrid - España: Asociación Española de Mezclas Asfálticas, 2010.
- [4] Globerama, La Técnica en el Mundo Tomo II - Obras Civiles, Buenos Aires: CODEX.
- [5] HeH Constructores, Los caminos en el Ecuador. Historia y desarrollo de la vialidad, Quito - Ecuador: Macshori Ruales Editora, 2010.
- [6] «Conectividad, integración y potencial,» *Vías Especiales*, nº ISSN 0719-4269, pp. 6 - 9, 2014.
- [7] E. Salazar, Caminos del Suroriente. En Los caminos en el Ecuador. Historia y desarrollo de la vialidad, Macshori Ruales, 2009.
- [8] Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial del Azuay, Mantenimiento Vial, Azuay: GAD, 2014.
- [9] G. P. d. Azuay, Atlas de la Provincia del Azuay, Cuenca - Ecuador, 2012.
- [10] Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, «Sistema Nacional de Información,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <http://sni.gob.ec/inicio>.
- [11] Corporación Andina Fomento, «Ecuador: Análisis del Sector del Transporte,» CAF, Caracas - Venezuela, 2003.
- [12] Asociación Mundial de la Carretera, Importancia de la conservación de carreteras, Francia, 2014.
- [13] F. Maldonado, «Zoom transporte y logística,» *EKOSNEGOCIOS.COM*, pp. 86 - 92, 29 01 2015.
- [14] PIARC, «Infraestructura: Importancia de la Conservacion de carreteras,» *Construcción*, nº 625, pp. 62 - 66, Diciembre - 2016.
- [15] Wikipedia, «Objetivos de Desarrollo del Milenio,» Wikipedia Inc., 07 Agosto 2017. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Objetivos\\_de\\_Desarrollo\\_del\\_Milenio&oldid=100978455](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Objetivos_de_Desarrollo_del_Milenio&oldid=100978455). [Último acceso: 09 Agosto 2017].
- [16] SANRAL, «ANUAL REPORT 2016,» 2016.
- [17] BID, «Rural Transport in Multi Sectoral and Community Driven Proyects,» BANCO MUNDIAL, 2003.
- [18] CEPAL, Caminos: Un Enfoque para la Gestión y Conservación de redes viales, CEPAL, 1992.
- [19] G. Zietlow, *Los Fondos de Conservación Vial en América Latina*, San Salvador - El Salvador, 2003.
- [20] D. Hagans, «Manual de caminos forestales y rurales,» PACIFIC WATERSHED ASSOCIATES, California - EEUU, 2014 .



- [21] DIGNIDAD AZUAYA, *Manifiesto ante la grave situación de la vialidad rural Azuaya*, Cuenca - Ecuador, 2015.
- [22] Corporación Andina Fomento, *Mantenimiento Vial Informe Sectorial*, CAF, 2010.
- [23] Revista Nicaraocalli, «Mantenimiento Vial y su importancia,» Revista Rivas, 26 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://nicaraocalli.wordpress.com/2015/08/26/mantenimiento-vial-y-su-importancia/>. [Último acceso: 09 Agosto 2017].
- [24] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, *Norma Ecuatoriana Vial: Volumen N° 6 - Conservación Vial*, Quito - Ecuador, 2013.
- [25] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, *Manual de Mantenimiento*, Quito - Ecuador, 1984.
- [26] E. Salomón, *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*, Lima - Perú: Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2003.
- [27] F. Sánchez, *Gestión de la conservación vial en Colombia*, Bogotá - Colombia: 14 CONGRESO MUNDIAL DE LA CARRETERA DE LA IRF, 2010.
- [28] R. Robles, *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco* - Lima, Lima - Perú: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, 2015.
- [29] J. Hanser, *Análisis de la evaluación técnica y económica de proyectos viales con el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras*, San Carlos - Guatemala, 2008.
- [30] BANCO MUNDIAL, «Notas sobre el Transporte,» Washington DC - Estados Unidos, 2005.
- [31] Pavement Preservation Systems, L.L.C., *Conservación de Pavimentos: Metodología y Estrategias*, USA, 2005.
- [32] J. Savedra, «Mantenimiento Vial,» 2010. [En línea]. Available: C:\Users\Usuario\Downloads\IS\_Mantenimiento\_vial (1).pdf.
- [33] CAF, «Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito,» Corporación Andina del Fomento, Colombia, 2010.
- [34] C. Casa, «Programación de operaciones de conservación por indicadores,» Ministerio del fomento España, Salamanca - España, 2004.
- [35] BID, «Programa de mejora de caminos vecinales,» Banco Interamericano de Desarrollo, Asunción - Paraguay, 2014.
- [36] G. Keller, «Ingeniería de caminos rurales,» US Agency for International Development (USAID), California - EEUU, 2008.
- [37] O. Guerra, E. Rivas y C. Rivera, «Técnicas para el mejoramiento de caminos rurales sostenibles,» Universidad de El Salvador, San Salvador - El Salvador, 2003.
- [38] Banco del Estado, «Construyendo Caminos,» Quito - Ecuador, 2016.
- [39] E. Flores, *La Ordenación de la Red Vial del Cantón Cuenca*, Cuenca, 2013.
- [40] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, «Norma para estudios y diseños viales,» de *NEVI-2012*, Quito - Ecuador, MTOP, 2013, pp. Tomo II pag. 63 - 71.
- [41] R. Menendez, «Sistemas de Gestión de Infraestructura Vial,» Lima - Perú, 2016.
- [42] ECUARED, «Infraestructura Vial,» 2015.





- [43] C. Campos, «Planes de Conservación Vial Cantonal para fortalecer la acción municipal en Costa Rica,» San José - Costa Rica, 2010.
- [44] B. Pablo, Elaboración de una propuesta de Gestión Vial en las subcuencas de los ríos San Francisco y Rircay en el Marco del Desarrollo Económico Territorial, Cuenca - Azuay, 2012.
- [45] C. Rosero, Modelo de gestión administrativa, Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador (UCE), 2015.
- [46] F. Bernal, «Alternativas de diseño Organizacional,» 31 Octubre 2016. [En línea]. Available: [https://prezi.com/vls\\_gkpgelrc/alternativas-de-diseno-organizacional/](https://prezi.com/vls_gkpgelrc/alternativas-de-diseno-organizacional/). [Último acceso: 07 Marzo 2017].
- [47] E. Bueno, Introducción a la Organización de Empresas, Madrid - España: Centro Estudios Financieros, 2013.
- [48] M. Jaramillo, Enfoque estructuralista de la administración. Modelo burocrático de la organización. Teoría estructuralista, Caracas - Venezuela: Universidad Nacional Experimental Marítima del Caribe, 2006.
- [49] L. Bañon, Manual de carreteras, 2010.
- [50] A. Sotil, «Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para las municipalidades y gobiernos locales,» *Revista Infraestructura Vial*, vol. 16, nº 28, pp. 13 - 24, Octubre 2014.
- [51] Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda, Guía para el inventario de elementos para la conservación vial, Tegucigalpa - Honduras: Fondo Vial Banco Mundial, 2012.
- [52] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Inventario vial para la planificación vial estratégica de la red vial vecinal o rural de los gobiernos locales, Lima - Perú, 2015.
- [53] H. Mendiburu, «Operaciones de mantenimiento,» Monografias.com, 3 Agosto 2003. [En línea]. [Último acceso: 16 Agosto 2017].
- [54] Asociación Mundial de la Carretera, Métodos y estrategias de mantenimiento, Madrid - España: AIPCR, 2013.
- [55] S. Gonzalez, Estudio del modelo de gestión para el mantenimiento de calles y avenidas del distrito metropolitano de Quito, Quito - Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2014.
- [56] Instituto Venezolano del Asfalto, Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles, Caracas - Venezuela: INVEAS, 2009.
- [57] G. Castellanos, Determinación del índice de condición del Pavimento Asfáltico, para la Urbanización Santa Rosa del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, Santa - Perú, 2016.
- [58] Mayer 97 Ingenieros Asociados C.A, Manual de Evaluación de Pavimentos, Caracas - Venezuela: Universidad Nacional de Ingeniería, Mayo 2009.
- [59] W. Hurtado, Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha., Quito - Ecuador, 2016.
- [60] G. Thenoux, Evaluación técnica del Pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico, Santiago de Chile - Chile: Universidad Católica de Chile, 2015.



- 
- [61] A. Rico, Pavimentos flexibles, problemática, metodologías de diseño y tendencias, Querétaro - México: Instituto Mexicano del Transporte, 1998.
- [62] P. d. Aguila, Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión, Lima - Perú, 2000.
- [63] J. Solorio, Metodología basada en el HDM-4 para la selección de metas de desempeño en la red federal de carreteras, Quétaro - México: Instituto Mexicano del Transporte, 2016.
- [64] A. Pinto, «Uso de la viga Benkelman en pavimentos,» Ingenieriareal.com, [En línea]. Available: <http://ingenieriareal.com/uso-de-la-viga-benkelman-en-pavimentos/>. [Último acceso: 2017 Agosto 19].
- [65] A. Montejó, Ingeniería de Pavimentos, Bogotá - Colombia: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, 2006.
- [66] J. FERNÁNDEZ, Estudio definitivo y ejecución de la carretera CONOCOCHA –YANACANCHA reciclado con asfalto espumado, Lima - Perú, 2010.
- [67] J. Buitriago, Análisis comparativo de metodologías de auscultación de pavimentos flexibles, Bogotá - Colombia, 2011.
- [68] S. Quimis, Análisis superficial de fallas en el pavimento flexible de las calles Víctor Manuel Rendón entre Noboa y Amazonas - De Jipijapa, Jipijapa, 2015.
- [69] E. Guaranda, Análisis de deterioros del Pavimento vehicular con diagnostico del tipo de intervencion, calle Cotopaxi desde Bolivar hasta Olmedo, ciudad Jipijapa, Manabí, 2017.
- [70] E. Rodríguez, Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla, Piura - Perú, 2009.
- [71] J. Díaz, Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles, Granada - Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2014.
- [72] G. Corredor, Evaluación de Pavimentos, Managua - Nicaragua: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2010.
- [73] A. Vergara, Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del Km 0+000 al Km 1+000, Huancayo - Perú, 2015.
- [74] C. MARRUGO, Evaluación de la metodología VIZIR como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles, Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2014.
- [75] V. Cerón, Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya - Crq. Armenia Quindio (0+00 - 2+600), Manizales - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2006.
- [76] E. Apolinario, Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito, Lima - Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, 2012.
- [77] M. Arriaga, Índice Internacional de Rugosidad Internacional en la red carretera de México, Quétaro - Mexico: INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, 1998.



- [78] I. Sánchez, «El IRI: un indicador de la regularidad superficial,» *Ingeniería de Construcción*, nº 6, 1989.
- [79] G. Badilla, «Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI),» *Infraestructura Vial*, nº 21, pp. 30 - 37, 2009.
- [80] M. Guamán, Estudio de las causas del deterioro prematuro de la estructura del pavimento asfáltico de la Av. Canónigo Ramos desde la avenida 11 de Noviembre a la Avenida Monseñor Leonidas Proaño - By Pas, Riobamba - Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, 2012.
- [81] I. E. Fernandez, «PSI: Índice de Servicialidad Presente,» COSANHER, Lima - Perú, 2017.
- [82] E. Fernandez, «PSI: Índice de Servicialidad Presente,» COSANHER, Lima - Perú, 2017.
- [83] G. Corredor, «Experimento Vial de la AASHTO y las Guías de Diseño AASHTO,» Universidad Nacional de Ingeniería, Managua - Nicaragua, 2008.
- [84] R. Barrantes, «Definición de rangos para la clasificación estructural y funcional de la red vial nacional de Costa Rica,» *Revista Ingeniería*, San José - Costa Rica, 2010.
- [85] F. Leiva, Metodología para el desarrollo de modelos de deterioro para caminos vecinales de lastre y suelo, San José - Costa Rica: LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES, 2004.
- [86] J. Coronado, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Ciudad de Guatemala - Guatemala: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2002.
- [87] K. BETANCOURT, Medición del perfil y la regularidad superficial del pavimento, Meta - Colombia: CORPORACION UNIVERSITARIA DEL META (UNIMETA), 2015.
- [88] J. Argueta, Metodología para la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos generados por el programa HDM4, San Salvador - El Salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, 2009.
- [89] I. Alvarez, Análisis y estudio de la red vial pavimentada de la I Región utilizando el sistema computacional dTIMS, Santiago de Chile - Chile: UNIVERSIDAD DE CHILE, 2008.
- [90] R. Solorio, Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos, Quétaro - México: INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, 2004.
- [91] J. Ríos, Sistema de Administración de pavimentos sobre la ciudad de Bogotá, Bogotá - Colombia: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2010.
- [92] P. Ballena, Sistemas de gestión de pavimentos para mantenimiento y reconstrucción de vías terrestres asfaltadas de acuerdo al número estructural de diseño de la ASSHTO, Lima - Peru, 2016.
- [93] C. Cortés, Metodología para la selección de alternativas de conservación de carreteras, usando el modelo HDM-4, Puebla - México: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA, 2005.
- [94] P. Yarza, El HDM-4 como herramienta de ayuda para la Conservación de Carreteras, Madrid - España, 2015.
- [95] Banco Mundial, Guía para la priorización de vías a intervenir, Tegucigalpa - Honduras: FONDO VIAL, 2012.



- [96] U. d. C. d. T. -. M. d. Fomento, Nuevos modelos de gestión para la Conservación, Explotación y Mantenimiento de Carreteras, MADRID, 2008.
- [97] D. Ortiz, Las condiciones de la via Ambayata - Carbonloma de la parroquia Quinsapincha, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector, Ambato - Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2015.
- [98] A. Calles, Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Pastaza, Quito - Ecuador: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2016.
- [99] F. Leiva, Sistemas de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras, San José - Costa Rica: UNIVERSIDAD ESTATALA DISTANCIA - SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO , 2005.
- [100] K. VALDÉS, "Herramientas Financieras para la Evaluación de opciones en la adquisición y reemplazo de vehículos en una empresa de servicio de taxis rotativos de tres ruedas, Ciudad de Guatemala - Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2014.
- [101] ProInversión, Contrato de Concesión, Pisco - Perú: AGENCIA DE PROMOCIÓN DE LA INVERSIÓN PRIVADA, 2015.
- [102] República del Ecuador, Constitución de la República del Ecuador, Quito - Ecuador, 2008.
- [103] República del Ecuador, Ley orgánica de Transporte terrestre tránsito y seguridad, Quito - Ecuador, 2008.
- [104] República del Ecuador, Código orgánico de ordenamiento territorial y descentralización, Quito - Ecuador, 2010.
- [105] República del Ecuador, Ley de Caminos, Quito - Ecuador, 1964.
- [106] República del Ecuador, Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, Quito - Ecuador, 2008.
- [107] República del Ecuador, Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, Quito - Ecuador, 2017.
- [108] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 82 años construyendo obras viales en el Ecuador, Quito - Ecuador, 2013.
- [109] M. M. y. W. B. Jorge González, «1 468 km de vías funcionan con peajes en las carreteras de Ecuador,» *El Comercio*, 30 01 2017.
- [110] Agencia Nacional de Tránsito, «Siniestros 2016,» Quito - Ecuador, 2016.
- [111] World Economic Forum, «[www.weforum.org/gcr](http://www.weforum.org/gcr),» 2015 - 2016. [En línea].
- [112] Naciones Unidas , Caminos un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales, Santiago de Chile - Chile: COMISION ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 1994.
- [113] W. NAVARRO, Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Santo Domingo, Quito - Ecuador: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2016.
- [114] S. González, Estudio del modelo de gestión para el mantenimiento de calles y avenidas del Distrito Metropolitano de Quito, Quito - Ecuador: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2014.
- [115] República del Ecuador, Reglamento Etapas de Ejecucion de Obras, Quito - Ecuador, 1991.



- [116] A. Jiménez, Las microempresas viales como un sistema alternativo de mantenimiento vial en la provincia del Azuay 2000-2006, Cuenca - Ecuador: UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2006.
- [117] F. Palacios, La concesión vial como aporte al desarrollo integral del país y propuesta de microempresas para su mantenimiento, Quito - Ecuador, 2001.
- [118] Gobierno Constitucional del Ecuador -Presidencia de la República-, Plan Maestro Vialidad, Quito - Ecuador, 2001.
- [119] Plan Estratégico Institucional Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Quito - Ecuador, 2015.
- [120] Corporación Andina Fomento, Ecuador: Análisis del sector transporte, Caracas - Venezuela: CAF, 2003.
- [121] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Plan Estratégico Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Quito - Ecuador, 2013.
- [122] AZD, «Tasa solidaria mitiga insuficiencia de rentas,» *El Mercurio*, 11 03 2015.
- [123] El Universo, «Dos constructoras nacionales acaparan la mayoría de contratos viales en la provincia,» *El Universo*, 14 06 2007.
- [124] Gobierno Provincial del Azuay, «Base de Precios,» Interpro, Cuenca - Ecuador, 2016.
- [125] AASHTO, Guide for design of pavement structures, 1993.
- [126] R. Rodríguez, «Modelo de Gestion de Conservacion Vial para reducir los Costos de Mantenimeinto Vial y Operacion Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba,» UTA, Ambato, 2011.
- [127] Gobierno Provincial del Azuay, *Mesa Temática de discusión mantenimiento vial, mejoramiento vial y construcción de puentes*, Cuenca - Ecuador, 2015.
- [128] M. Sabalza, *Evaluación económica de proyectos de cooperación*, Bilbao - España: HEGOA, 2006.
- [129] H. Weitzenfeld, *Criterios básicos para evaluar proyectos*, México, 1996.
- [130] A. Jugo, *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos*, Caracas - Venezuela, 2005.
- [131] Secretaria de comunicaciones y transporte, *Guia de procedimeintos y técnicas para la conservación de carreteras en México*, México D.F - México, 2014.
- [132] A. Tercero, *Propuesta de especificaciones técnicas para el mantenimiento de la obras vial de Centra Norte - Guatemala*, Ciudad de Guatemala - Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2014.
- [133] J. Ferreyra, *Actividades de mantenimiento rutinario y periódico en una carretera del Perú*, Lima - Perú: UNIVERSIDAD DE PIURA, 2012.
- [134] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación, Santo Domingo - República Dominicana, 2016.
- [135] C. Rubio, «Principales fallas y causas en pavimentos flexibles,» 5 Abril 2012. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/presentation/95010163/Fallas-en-Pavimentos-Flexibles>.
- [136] M. d. T. y. Comunicaciones, *Volumen N° 6: Informe de Mantenimiento Rutinario y Periódico*, Lima - Perú: PROVIAS NACIONAL, 2010.



- [137] Dirección de Planeamiento - Gobierno de Chile, *Análisis del Beneficio Social del Mantenimiento Vial de Obras Públicas*, Santiago de Chile - Chile: Dirección de Obras Públicas Chile, 2006.
- [138] Corporación Andina Fomento, *La Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuesta para una agenda prioritaria*. Transporte, Bogotá - Colombia: CAF, 2011.
- [139] A. Bull, *Progresos de la Conservación Vial en América Latina*, Lima - Perú: CEPAL, 1999.
- [140] Gobierno de Chile, *Política de conservación vial*, Santiago de Chile - Chile: MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, 2010.
- [141] H. Briones, *Institucionalidad para la gestión del mantenimiento vial: Caso Chileno*, Santiago de Chile - Chile: UNIVERSIDAD DE CHILE, 2014.
- [142] DICTUC S.A, *Análisis de sensibilidad para los parámetros del modelo HDM 4 y actualización de metodología para la determinación del estado de caminos pavimentados 2004*, Santiago de Chile - Chile: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - DIRECCIÓN DE VIALIDAD, 2004.
- [143] Ministerio de Obras Públicas y Transporte, *Decreto 30263*, San José - Costa Rica: MOPT, 2002.
- [144] Asociación Mundial de la Carretera, «Gestión y Financiación de la Conservación de Carreteras: Progresos en Africa,» de *XX Congreso Mundial de la Carretera*, Montreal - México, 1999.
- [145] J. Vasallo, *La participación privada en la gestión y financiación de la conservación de carreteras*, Madrid - España: MINISTERIO DEL FOMENTO, 2001.
- [146] J. Vasallo, *Criterios de selección de nuevos sistemas de gestión y financiación de la conservación de carreteras*, Madrid - España: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, 1999.
- [147] Banco Mundial, *Implementar y extender nuevo enfoque de mantenimiento vial en Argentina*, Buenos Aires - Argentina: BIRF, 2010.
- [148] F. Leiva, *Sistemas de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras*, San José - Costa Rica: UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA, 2005.
- [149] Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda., «Efectos sobre los Usuarios de las Obras de Infraestructura Pública Concesionada,» Chile.
- [150] J. Arroyo, *Costos de Operación base de los vehículos representativos del transporte Interurbano*, Querétaro - México: SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE, 2008.
- [151] Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, «Indicadores de Eficacia de la Gestión de Carreteras,» Dirección Nacional de Vialidad Uruguay, Montevideo - Uruguay, 1998.
- [152] Dirección de Vialidad de Chile, «Organización Administrativa y Sistemas de Gestión del Mantenimiento,» Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, Rio de Janeiro - Brasil, 1997.
- [153] E. Rodriguez, *Guía para la Construcción de Indicadores de Gestión*, Bogotá - Colombia: DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA, 2012.



- [154] Asociación Mundial de la Carretera, Indicadores de Gestión de Alto Nivel, Francia - París: PIARC, 2012.
- [155] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores, Bogotá - Colombia: DANE, 2005.
- [156] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, El Impuesto sobre las gasolinas, Santiago de Chile - Chile: CEPAL, 2014.
- [157] República del Ecuador, Código Organico Organización Territorial Autonomía Descentralización, Quito - Ecuador: LEXIS, 2010.
- [158] República del Ecuador, *Acuerdo Ministerial 005*, Quito - Ecuador: MINISTERIO DE FINANZAS, 2017.
- [159] Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos, Lima - Perú, 2011.
- [160] A. Sosa, «Mantenimiento Vial,» Corporacion Andina de Fomento, Quito, 2010.
- [161] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Quito: MTOP, 2012.
- [162] CEPEP, «Metodología de evaluación para caminos rurales,» Marzo 2009. [En línea]. Available:  
[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/Metodologia\\_de\\_Evaluacion\\_de\\_Caminos\\_Rurales.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/Metodologia_de_Evaluacion_de_Caminos_Rurales.pdf).
- [163] S. Ligos, «Vías: Clasificación y Componentes,» 2012. [En línea]. Available:  
[http://www.construdata.com/Bc/Otros/Newsletter/vias\\_clasificacion\\_y\\_componentes.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Newsletter/vias_clasificacion_y_componentes.asp).
- [164] Confinamientos, «Manual de especificaciones y Tecnicas de Diseño,» 2012. [En línea]. Available:  
[http://idrd.gov.co/especificaciones/index.php?option=com\\_content&view=article&id=738&Itemid=657](http://idrd.gov.co/especificaciones/index.php?option=com_content&view=article&id=738&Itemid=657).
- [165] AZIMA DLI, «DLI Engineering,» 2009. [En línea]. Available: <http://azimadli.com/vibman-spanish/mantenimientoperiodicopreventivo.htm>.
- [166] Licencia Creative Attribution, «MANTenimeinto Preventivo,» 17 Agosto 2016. [En línea]. Available:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Texto\\_de\\_la\\_Licencia\\_Creative\\_Commons\\_Atribuci%C3%B3n-CompartirIgual\\_3.0\\_Unported](https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Texto_de_la_Licencia_Creative_Commons_Atribuci%C3%B3n-CompartirIgual_3.0_Unported).
- [167] B. Rojas, «Evaluacion estructural, rigurosidad, serviciabilidad y niveles de servicio de pavimentos,» 2015. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/271762468/Tipos-de-Fallas-en-pavimentos#>.
- [168] A. Rico, La ingeniería de suelos en las vías terrestres, Mexico: Instituto Mexicano, 1998.
- [169] Administración y Gestión de Empresas, «Uninotas,» 14 Junio 2016. [En línea]. Available:  
<http://www.uninotas.net/cuales-son-los-elementos-de-las-vias/>.
- [170] J. Martínez, «Elementos de las carreteras,» 23 Noviembre 2015. [En línea]. Available:  
<https://es.slideshare.net/JulioGaleoni/elementos-geomtricos-de-las-carreteras>.





- 
- [171] DANCRAQ, «Vías Terrestres-Diseño Geométrico,» Febrero 2013. [En línea]. Available: [http://rincondelinge.blogspot.com/2013/12/vias-terrestres-diseno-geometrico.html#.WMLSQu\\_ljIU](http://rincondelinge.blogspot.com/2013/12/vias-terrestres-diseno-geometrico.html#.WMLSQu_ljIU).
- [172] Unidad Gerencial de Conservación, «"Mejoramiento, Rehabilitación y Conservación por niveles de servicio de corredor vial Lima-Canta-Huayllay-Dv. Cochamarca-Empalme PE-3N",» Junio 2013. [En línea]. Available: [http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/Documentos\\_de\\_Interes/2013/TALLER%20LIMA%20-%20CANTA%2025-06-13%20ok.pdf](http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/Documentos_de_Interes/2013/TALLER%20LIMA%20-%20CANTA%2025-06-13%20ok.pdf).
- [173] C. Plzarro, «Daños en la construcción, fuerza mayor y terremotos,» *Scielo*, pp. 161-176, 2010.
- [174] J. Rodriguez, «Fatiga,» 14 Octubre 2011. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/MohaJabes/fallas-por-fatiga>.
- [175] D. Cosornio, «Teoria de Falla por Fatiga,» 10 Agosto 2008. [En línea]. Available: <http://www.bib.uia.mx/gsd/docdig/didactic/Ingenierias/dem023.pdf>.
- [176] U. Super, «Tasa Solidaria un enfoque moderno de conservación vial,» 31 Octubre 2016. [En línea]. Available: [http://www.parroquiatarqui.gob.ec/tarquiert/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=2081:tasa-solidaria-un-enfoque-moderno-de-conservacion-vial](http://www.parroquiatarqui.gob.ec/tarquiert/index.php?option=com_k2&view=item&id=2081:tasa-solidaria-un-enfoque-moderno-de-conservacion-vial).
- [177] Republica de Oportunidades del Ecuador, «Una mirada al Ecuador de Hoy,» *ROE*, 2016.
- [178] M. Trijueque, «Tipos de Mantenimiento,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.
- [179] NEA, «rElationship between Urban Land USe Planning, Land Marks,» 2000. [En línea]. Available: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd63/ciudades/cap6.pdf>.
- [180] J. Guerrero, «Estructura Vial,» 17 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/sx-dm-s8mmgy/estructura-vial/>.
- [181] R. Crespo, «Comunicación Libre-VII Jornadas Nacionales sobre Conservación de Carreteras,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.holcim.com.sv/fileadmin/templates/SV/images/ES/UPC/Que\\_es\\_el\\_HDM4.pdf](http://www.holcim.com.sv/fileadmin/templates/SV/images/ES/UPC/Que_es_el_HDM4.pdf).
- [182] MInisterio de Transportes y Comunicaciones, «Modelo del Sistema de Gestión de Infraestructura vial de Provias Nacional,» Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/44345258/Sistema-de-Gestion-de-Infraestructura-Vial-SGIV-Provias-Nacional>.
- [183] H. Miller, «Gestión infraestructura vial,» 23 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Miller2013/gestion-infraestructura-vial>.
- [184] Excelencia Empresarial, «Sistema de Gestión,» 3 Abril 2015. [En línea]. Available: [http://www.excelencia-empresarial.com/sistema\\_gestion.htm](http://www.excelencia-empresarial.com/sistema_gestion.htm).
- [185] L. Bañón, «Criterios de evaluación de la calidad de un firme,» 2012. [En línea]. Available: [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/02030304.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02030304.pdf).
- [186] M. Shazenth, «Definición de Señal de Trafico,» 10 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/why4trxb6ul5/41-traffic-conceptos-y-aplicaciones/>.





- [187] R. Torres, «Desarrollo Vial Continuo,» Septiembre 2008. [En línea]. Available: [http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/Corporaci%C3%B3n%20Andina%20de%20Fomento%20CAF/Desarrollo\\_Vial\\_Continuo-Raul\\_Torres.pdf](http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/Corporaci%C3%B3n%20Andina%20de%20Fomento%20CAF/Desarrollo_Vial_Continuo-Raul_Torres.pdf).
- [188] A. Pinto, «Uso de la Viga Benkelman en pavimentos,» *Ingeniería real*, pp. 2-4, 2012.
- [189] N. Hernandez, «Deflectometro de impacto "FWD",» 30 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://prezi.com/jrvkypjrvaxo/deflectometro-de-impacto-fwd-un/>.
- [190] M. Hoffman, «Paveing-el asombroso mundo de la ingeniería de pavimentos,» 29 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://paveing.blogspot.com/2014/01/el-origen-del-deflectometro-de-impacto.html>.
- [191] I. Sánchez, «El IRI: un INdicador de la regularidad superficial,» *Revista de Ingeniería de Construcción*, pp. 1-2, 2010.
- [192] R. Ruiz, «Qué es el Indice de Razonamiento?,» Septiembre 2011. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Razonamiento>.
- [193] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, «Mejoramiento de la gestión vial con aportes específicos del sector privado,» Junio 2003. [En línea]. Available: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/6416-mejoramiento-la-gestion-vial-aportes-especificos-sector-privado>.
- [194] M. Ramon, *Gestion de Redes Viales*, Ambato, 2006.
- [195] genesispa, «CLUB ENSAYOS,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Fallas-De-Vialidad/2330444.html>.
- [196] V. Cruzado, «SlideShare,» 1 02 2016. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/victorraulcruzadoruiz/fallas-57758784>.
- [197] C. Mero, Las principales funciones del HDM-4 son el análisis de los deterioros y los efectos de la conservación de carreteras, para una serie de alternativas de conservación especificadas por el usuario de la aplicación. Para ello, calcula los costes de operación, Manabí - Ecuador, 2015.
- [198] F. Reyes, *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá - Colombia: Ecoe Ediciones, 2015.
- [199] Instituto Mexicano del Transporte, *Índice internacional de Rugosidad en la red carretera de México*, México, 1998.
- [200] Unidad de Carreteras de Teruel, *Nuevos modelos de gestión para la Conservación, Explotación y Mantenimiento de Carreteras*, MADRID: MINISTERIO DE FOMENTO, 2008.
- [201] J. Hanser, *La evaluación técnica y económica de proyectos viales con el modelo de estandares de conservacion y diseño de carreteras*, GUATEMALA, 2008.
- [202] L. Vásquez, *Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*, 2002.
- [203] M. Velayarse, *Patología del estado vial para evaluar el índice de condición de pavimentos 2016 en: Av. Argentina – Av. 24 de Junio – Ciudad de Chupaca - Junín*., LIMA - PERU, 2016.
- [204] Asociación Española de la Carretera (AEC), «Wikivia la enciclopedia de la carretera,» 12 03 2009. [En línea]. [Último acceso: 30 08 2017].



- [205] Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda., «Efectos sobre los Usuarios de las Obras de Infraestructura Pública Concesionada,» Santiago de Chile - Chile.
- [206] Wikipedia, «Wikipedia: La enciclopedia libre,» 28 047 2017. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Peaje>. [Último acceso: 03 10 2017].
- [207] F. Carpio, «Informes Nacionales Investigados para este Proyecto - Elaboración Propia,» Cuenca - Ecuador, 2017.
- [208] A. Monforte, Conservación de Carreteras Federales Libres de Peaje, Ciudad de México - México, 2008.
- [209] S. Tlaxomulco, Conservación de Carreteras alimentadoras, Quétaro - Mexico, 2016.
- [210] J. Campaña, Dirección de Análisis y Programación Sectorial, CAF, 2010.
- [211] Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Sistema de Evaluación de Pavimentos, México - México: SCT, 2004.
- [212] Instituto Venezolano del Asfalto, Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles, Bogotá - Colombia: INVIAS, 2006.

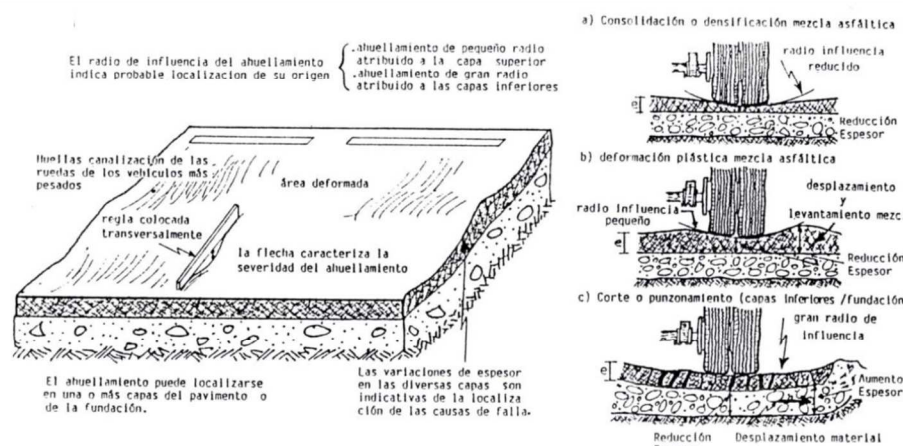


## ANEXOS

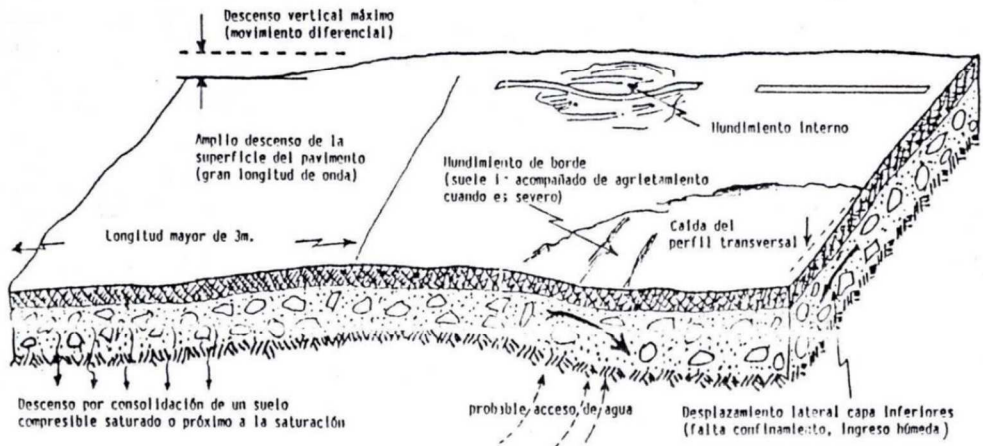
“LAS IDEAS VALEN UNOS CUANTOS CENTAVOS LA DOCENA. LA GENTE QUE  
LAS PONE EN PRÁCTICA, NO TIENEN PRECIO.”

A. Einstein

#### 4.5.1. Ahuellamiento

TIPO DE DAÑO		AHUELLAMIENTO									
DESCRIPCION											
Depresión longitudinal continúa a lo largo de las huellas de canalización del tránsito. Se entiende por Ahuellamiento cuando la longitud afectada es mayor es mayor de 6m. Las repeticiones de las cargas conducen a una acumulación de las deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o su fundación. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores y suelen ser acompañadas de un deslizamiento y levantamiento lateral de la superficie del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en las capas inferiores o en la fundación.											
POSIBLES CAUSAS											
Las repeticiones de las cargas del tránsito originan Ahuellamiento como consecuencia de alguno de los factores siguientes:											
<ul style="list-style-type: none"><li>• Insuficiente estabilidad de las mezclas asfálticas por inadecuada compactación o deficiente dosificación.</li><li>• Insuficiente estabilidad de las capas del pavimento o de la subrasante (falla por corte, compresión o desplazamiento lateral material) ya sea por Ingreso de agua o deficiente calidad.</li><li>• Espesores de pavimento insuficientes (Infra diseño estructural) para las repeticiones de carga soportadas.</li><li>• Exagerado incremento en las cargas del tránsito.</li></ul>											
NIVELES DE SEVERIDAD											
La severidad del Ahuellamiento a determinar en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud, colocada transversalmente al eje de la calzada; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los valores determinados a intervalos de 6m, a lo largo de la misma.											
	BAJO	La profundidad promedio es de 6mm a 13 mm.									
	MEDIO	La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.									
	ALTO	La profundidad promedio es mayor de 25 mm.									
MEDICION											
El ahuellamiento se mide en metros cuadrados multiplicando su longitud por el ancho afectado por la huella. Se registran separadamente, según su severidad, las áreas totales medidas en la muestra o sección.											
DESCRIPCION GRAFICA											
<div><div><p>El radio de influencia del ahuellamiento indica probable localización de su origen</p><p>ahuellamiento de pequeño radio atribuido a la capa superior</p><p>ahuellamiento de gran radio atribuido a las capas inferiores</p></div><div><p>a) Consolidación o densificación mezcla asfáltica</p><p>radio influencia reducido</p><p>Reducción Espesor</p><p>b) deformación plástica mezcla asfáltica</p><p>desplazamiento</p><p>radio influencia pequeño</p><p>levantamiento mezcl.</p><p>Reducción Espesor</p><p>c) Corte o punzonamiento (capas inferiores / fundación)</p><p>gran radio de influencia</p><p>Aumento Espesor</p><p>Reducción Espesor</p><p>Desplazamiento material</p></div></div>											
OBJETO DEL MANTENIMIENTO											
Conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento. Restablecer la seguridad del tránsito (riesgos de hidropelaje) y comodidad de circulación sobre el pavimento.											
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA								CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION									
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion									
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion.									
MEDIO	LOCAL	Bacheo superficial nivelante: mezcla en frio / en caliente. Bacheo parcial capa asfáltica: mezcla en frio / caliente.								Rutinario	0.5 - 1
	GENERAL	Adoptar algunos de los tratamientos precedentes. El pavimento requiere probablemente un refuerzo estructural a corto plazo.								Mejoramiento	Variable
ALTO	LOCAL	Badén parcial, capa asfáltica: mezcla en frio / en caliente.								Rutinario	0.5 - 2
		Badén profundo: incluido posición de base.									1 - 5
		Perfilado en frio y reposición con recapeo con mezcla en caliente.								Especial	5 - 7
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación.								Rehabilitacion	8 - 10
	Preparación previa mediante aplicación de alguno de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente.										
	Escarificación parcial con pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta o tratamiento superficial asfáltico.										
POSIBLE EVOLUCION		Aumento en extensión y profundidad del Ahuellamiento, generalmente acompañado de fisuramiento, conformado una "cadena" de fallas: Ahuellamiento → fisura longitudinal → fisura de cocodrilo → bache.									

## 4.5.2. Hundimiento

TIPO DE DAÑO		HUNDIMIENTO		
DESCRIPCION				
Depresión o descenso de la superficie original del pavimento en un área localizada del mismo. Pueden ocurrir en los bordes o internamente en la calzada. En muchos casos las depresiones son difíciles de detectar, sino es durante luego de una lluvia, por la acumulación de agua o vestigios de humedad. En otros da lugar a distorsiones apreciables, de gran longitud de onda o por el contrario, abrupto y localizado.				
POSIBLES CAUSAS				
Las siguientes causas originan diversas formas de hundimiento:				
<ul style="list-style-type: none"><li>• Asentamiento o consolidación de estratos comprensibles de la fundación (de gran longitud de onda);</li><li>• Deficientes prácticas de construcción (deficiente nivelación o heterogeneidades constructivas de bases y sub-bases);</li><li>• Pérdida de estabilidad por incremento de humedad en capas de pavimento o fundación;</li><li>• Falta de confinamiento lateral de los paseos (hundimiento de borde).</li></ul>				
NIVELES DE SEVERIDAD				
La severidad del Hundimiento se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) según la siguiente guía:				
	BAJO	El hundimiento provoca un leve balanceo en el vehículo. La profundidad máxima del área deprimida (cuando puede ser medida) se encuentra entre 13 mm a 25 mm.		
	MEDIO	El hundimiento provoca un molesto balanceo, pero es tolerable. La profundidad máxima del área deprimida (cuando puede ser medida) se encuentra entre 25 mm y 50 mm.		
	ALTO	La comodidad de manejo es afectada seriamente por el hundimiento, que provoca movimientos molestos y hasta peligrosos, en el vehículo. La profundidad máxima del área deprimida es mayor de 50 mm.		
MEDICION				
El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, las áreas total afectada en la muestra o sección del pavimento.				
DESCRIPCION GRAFICA				
				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento. Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad del tránsito (solo niveles de seguridad alta).				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion		
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion.		
MEDIO	LOCAL	Bacheo superficial nivelante; mezcla en frio / en caliente. Bacheo profundo; incluida reposición de base granular.	Rutinario	0.5 - 1.5 4 - 6
	GENERAL	Verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes.	Mejoramiento	Variable
ALTO	LOCAL	Bacheo superficial nivelante; mezclas en frio / en caliente.	Rutinario	0.5 - 1.5
		Bacheo parcial + nivelante; mezclas en frio / en caliente.		1 - 3
		Bacheo profundo; incluida reposición de base.		4 - 6
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación.	Rehabilitacion	8 - 10
		Preparación previa mediante aplicación de algunos de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente.		
Escarificación parcial del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente				
		Mejoramiento drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes).		
POSIBLE EVOLUCION		La evaluación depende sustancialmente de las causas. Defectos constructivos pueden pertenecer estables mucho tiempo. Cuando Son atribuidos a la debilidad de la base progresan rápidamente en severidad y extensión, dando lugar a baches.		

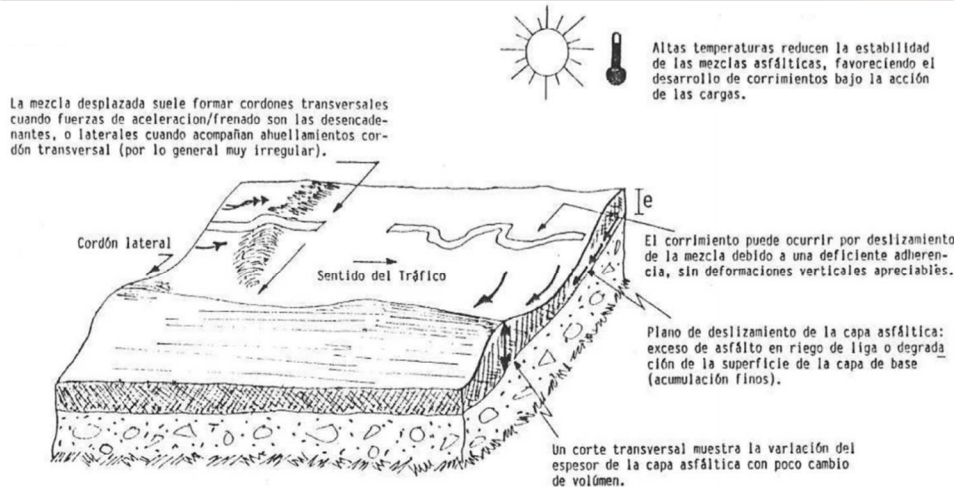


### 4.5.3. Corrugación

TIPO DE DAÑO		CORRUGACION CORRIMIENTO		
DESCRIPCION				
Movimiento plástico caracterizado por la ondulación de la superficie del pavimento, formando crestas y valles que se suceden próximas unas de otras perpendicularmente a la dirección del tráfico. La separación entre crestas es menor de 3m, encontrándose por lo general en un rango de 0.60 a 0.90m.				
POSIBLES CAUSAS				
Son ocasionadas por la acción de las cargas del tránsito, cuando se dan algunas de las situaciones siguientes:				
• Capas superficiales (carpeta asfáltica o base del pavimento) muy deformables (baja estabilidad) pero bien adheridas a la capa de apoyo subyacente, principalmente en zonas de aceleración, frenado o rampas fuertes, donde las fuerzas horizontales provocados por los vehículos sobre el pavimento, generan mayores esfuerzos tangenciales.				
• Altas temperaturas de servicio (reducen estabilidad de las mezclas);				
• Defectos constructivos: Contaminación de las mezclas asfálticas, sobredosificación del ligante, falta de aireación de mezclas con asfaltos líquidos.				
• Excesos de humedad en subrasante o capas granulares (asentamientos diferenciales).				
NIVELES DE SEVERIDAD				
En base de una evaluación cualitativa de su efecto en la comodidad de manejo. Cuando el daño se manifiesta en forma muy localizada deberá recurrirse a una apreciación visual, correlacionándola con su probable efecto en la calidad de conducción; la siguiente sirve de referencia:				
	BAJO	La ondulación causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a general incomodidad.		
	MEDIO	La ondulación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad.		
	ALTO	La ondulación causa una vibración excesiva en el vehículo, que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una reducción en la velocidad de circulación tanto por razones de confort como de seguridad.		
MEDICION				
La ondulación se mide en metros cuadrados, registrando separadamente de acuerdo a su severidad el área total afectada en la muestra o sección de pavimento.				
DESCRIPCION GRAFICA				
				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento. Conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento asfáltico.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion		
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion.		
MEDIO	LOCAL	Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frio / en caliente.	Rutinario	1-3
		Perfilado en frio y tratamiento superficial asfáltico.	Especial	3-5
		Perfilado en frio y reposición con mezcla asfáltica en caliente		5-7
	GENERAL	Adoptar alguno de los tratamientos precedentes	Mejoramiento	Variable
ALTO	LOCAL	Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frio / en caliente.	Rutinario	1-3
		Bacheo profundo; incluida reposición de base.		4-6
		Perfilado en frio y reposición con mezcla asfáltica en caliente.	Especial	5-7
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación.	Rehabilitacion	8-10
		Escarificación carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla en caliente.		
POSIBLE EVOLUCION		Incremento en la amplitud y número de ondas; a medida que el fenómeno se acentúa, una onda se separa en dos ondas, ligeramente desplazadas en la proximidad de eje de la vía. Por lo general estos daños se manifiestan localmente.		



4.5.4. Corrimiento

TIPO DE DAÑO		DESCRIPCION			
Movimiento plástico caracterizado por el desplazamiento o deslizamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañado por el levantamiento del material, formando "cordones" principalmente laterales. Típicamente pueden identificarse a través de la señalización horizontal observándose una serpenteante demarcación de carriles.					
PO SIBLES CAUSAS					
Son ocasionadas por la acción de las cargas del tránsito, cuando se dan algunas de las situaciones siguientes:					
<ul style="list-style-type: none"><li>• Capa asfáltica muy superficial muy deforme (baja estabilidad) con frecuencia mal adherida a la base subyacente;</li><li>• Deficiencias durante la elaboración de la mezcla: exceso de asfalto;</li><li>• Altas temperaturas de servicio;</li><li>• Deficiente adherencia entre capa superior e inferior, asociada a defectos constructivos tales como exceso de asfalto en riesgo de imprimación, curado liga, o bien la degradación de la porción superior de las bases cementadas;</li><li>• Falta de contención lateral o por el contrario, empujes por la dilatación en losas de hormigón contiguas o subyacentes;</li><li>• Desplazamiento lateral de bases granulares (movimiento lateral y ascendente)</li></ul>					
NIVELES DE SEVERIDAD					
En base de una evaluación cualitativa de su efecto en la comodidad de manejo. Cuando el daño se manifiesta en forma muy localizada deberá recurrirse a una apreciación visual, correlacionándola con su probable efecto en la calidad de conducción; la siguiente sirve de referencia:					
	BAJO	El corrimiento es perceptible y causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a general incomodidad.			
	MEDIO	El corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad			
	ALTO	El corrimiento causa al vehículo un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una apreciable reducción de la velocidad.			
MEDICION					
Los corrimientos se miden en metros cuadrados, registrando separadamente de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.					
DESCRIPCION GRAFICA					
<div><div><p>La mezcla desplazada suele formar cordones transversales cuando fuerzas de aceleración/frenado son las desencadenantes, o laterales cuando acompañan ahueamientos cordón transversal (por lo general muy irregular).</p></div><div></div><div><p>Altas temperaturas reducen la estabilidad de las mezclas asfálticas, favoreciendo el desarrollo de corrimientos bajo la acción de las cargas.</p><p>El corrimiento puede ocurrir por deslizamiento de la mezcla debido a una deficiente adherencia, sin deformaciones verticales apreciables.</p><p>Plano de deslizamiento de la capa asfáltica: exceso de asfalto en riesgo de liga o degradación de la superficie de la capa de base (acumulación finos).</p><p>Un corte transversal muestra la variación del espesor de la capa asfáltica con poco cambio de volumen.</p></div></div>					
OBJETO DEL MANTENIMIENTO					
Conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento asfáltico. Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad al tránsito (afectadas en grado variable según la magnitud y ubicación de los daños).					
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA		CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION			
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion			
	GENERAL	Ninguna Accion. Vigilar posible Evolucion.			
MEDIO	LOCAL	Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frío / en caliente.		Rutinario	1 - 3
	GENERAL	Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frío / en caliente.		Rutinario	1 - 3
		Perfilado en frío		Especial	3
		Perfilado en frío + tratamiento superficial asfáltico o carpeta asfáltica en caliente (alta estabilidad).			3 - 7
ALTO	LOCAL	Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frío / en caliente.		Rutinario	1 - 3
		Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente. (Alta Estabilidad)		Especial	5 - 7
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación.		Rehabilitacion	8 - 10
		Perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente			
		Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad).			
POSIBLE EVOLUCION		Eventualmente pueden originar baches superficiales. Por lo general se manifiestan localmente			

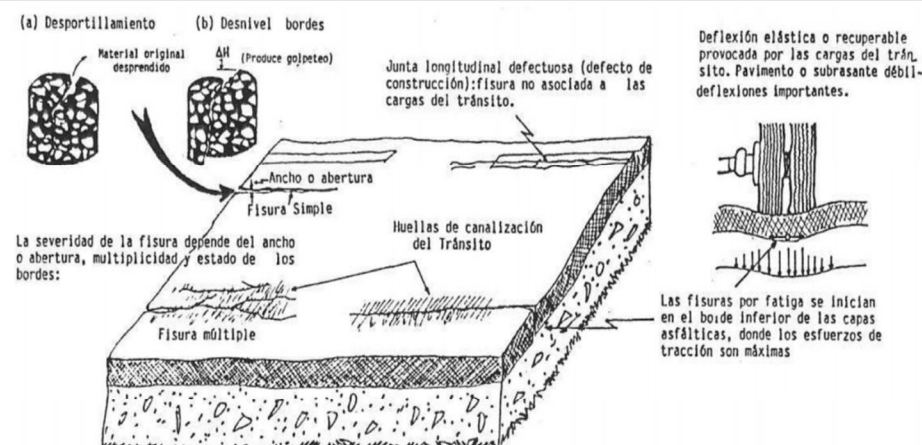


4.5.5. Hinchamiento

TIPO DE DAÑO		DESCRIPCION			
Abultamiento o acenso vertical de la superficie del pavimento, puede ocurrir en forma de onda abrupta y pronunciada sobre una pequeña área, o por el contrario en forma de una onda gradual, de más de 3 m de longitud, que distorsiona el perfil de la vía. En ambos casos puede ser acompañado de agrietamientos.					
POSIBLES CAUSAS					
En razón de las condiciones climáticas del país (ausencia de fenómenos de congelamiento) el origen de estos daños se reduce exclusivamente a proceso de expansión, como consecuencia de:					
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cambio volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas;</li><li>• Deficiente tratamiento de suelos arcilloso, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundaciones;</li><li>• Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento y/o la fundación con materia orgánica. En razón de las condiciones climáticas del país (ausencia de fenómenos de congelamiento) el origen de estos daños se reduce exclusivamente a proceso de expansión, como consecuencia de:</li><li>• Cambio volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas;</li><li>• Deficiente tratamiento de suelos arcilloso, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundaciones;</li><li>• Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento y/o la fundación con materia orgánica.</li></ul>					
NIVELES DE SEVERIDAD					
En base a una evaluación cualitativa de su defecto en la comodidad de manejo. Cuando el daño se manifiesta en forma muy localizada deberá recurrirse a una apreciación visual, correlacionándola con su probable efecto en la calidad de la conducción; la siguiente quía sirve de referencia:					
	BAJO	Baja incidencia en la comodidad del manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio. Pequeña distorsión del perfil longitudinal.			
	MEDIO	Moderada incidencia en la comodidad de manejo; genera disconfort y obliga la velocidad de operación promedio			
	ALTO	Alta incidencia en la comodidad de manejo al punto que condiciona la velocidad promedio de operación y producen una severa incomodidad, con peligro para la circulación.			
MEDICION					
El hinchamiento se mide en metros cuadrados de superficie afectada registrando separadamente según su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.					
DESCRIPCION GRAFICA					
OBJETO DEL MANTENIMIENTO					
Conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento. Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad al tránsito (afectados en grado variable según la magnitud y ubicación de los daños)					
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA		CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION			
BAJO	LOCAL	Ninguna Acción			
	GENERAL	Ninguna Acción: Vigilar posible Evolucion.			
MEDIO	LOCAL	Ninguna acción; vigilar posible evolución		Especial	2-3
		Perfilado en frío + tratamiento superficial			
	GENERAL	Bacheo profundo; incluido reposición de base granular.		Rutinario	4-6
		Adoptar alguno de los tratamientos precedentes.			
ALTO	LOCAL	Bacheo profundo; incluida reposición de base granular.		Rutinario	4-6
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación.		Rehabilitacion	8-10
		Escarificación parcial con pavimento existente reconstrucción con base y carpeta asfáltica o tratamiento asfáltico s/ tránsito.			
		Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente.			
		Recomposición o mejoramiento del sistema de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con las técnicas precedentes).			
POSIBLE EVOLUCION		Oreciente distorsión del perfil longitudinal de la carretera (pérdida de serviciabilidad). Pueden originar agrietamientos y eventualmente baches, si el agua permanece retenida sobre el pavimento durante un tiempo prolongado.			10



#### 4.5.6. Fisura longitudinal

TIPO DE DAÑO		FISURA LONGITUDINAL		
DESCRIPCION				
Fracturamiento que se extiende a través de la superficie del pavimento paralelamente al eje de la calzada. Pueden localizarse en las huellas de canalización del tránsito, próximos a los bordes en el eje o en correspondencia con los anchos de distribución de las mezclas asfálticas; con frecuencia su ubicación es indicativa de la causa o mecanismo más probable que la original, y por ende debe ser tenida en cuenta durante la evaluación. En sus instancias iniciales suele presentarse como una fisura simple, pero a medida que avanza el deterioro del pavimento, desarrolla ramificaciones laterales y fisura paralelas, aspecto al que suele referirse como "multiplicidad". Se excluyen de este grupo, las figuras provenientes de la reflexión de juntas longitudinales, característica de pavimentos mixtos (una sola losa de hormigón bajo la capa asfáltica).				
POSIBLES CAUSAS				
Son diversas las causas que pueden desarrollar fisuras longitudinales – y por consiguiente– variables también sus consecuencia para el futuro comportamiento del pavimento:				
• Fatiga de la mezcla asfáltica sometida a repeticiones de carga que provocan deflexiones recuperables importantes (pavimento débil): ocurren en las huellas de canalización del tránsito;				
• Acción del tránsito sobre el área del pavimento próxima al borde, donde se encuentra debilitado por efecto de deficiente confinamiento lateral (falta de paseo), constructivos (falta sobreancho base) o ingreso de agua lateral (deficiente drenaje): ocurren típicamente entre 0.30 y 0.60 m del borde de la calzada;				
• Deficiente proceso constructivo de las juntas longitudinales durante la colocación de la mezcla asfáltica: ocurren típicamente en el eje de la vía y/o en coincidencia con los carriles de distribución;				
• Reflexión de fisura localizadas en una capa subyacente (recapados delgados sobre pavimentos antiguos muy agrietados, eventualmente grietas por retracción de bases estabilizadas) o de juntas originadas en la construcción de ensanches (particularmente cuando es diferente la rigidez entre materiales del antiguo y nuevo pavimento);				
• Contracción de mezcla asfáltica por excesivo endurecimiento (oxidación) del bitumen;				
• Contracción por desecación de los terraplenes o asentamiento de estos y/o de su fundación.				
NIVELES DE SEVERIDAD				
En base al ancho o abertura promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento:				
	BAJO	Existen algunas condiciones siguientes: - Fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm; no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes. - Fisura sellada, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria (no permite ingreso de agua).		
	MEDIO	Existe alguna de las condiciones siguientes: - Fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descascaramiento o este muy leve. - Fisura sellada de cualquier ancho material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua). - Fisuras sellada o no, de cualquier ancho, que evidencian algunos de los siguientes signos de degradación: moderado descascaramiento o desportillamiento alrededor de sus bordes; ramificación en forma de fisura erráticas finas (baja severidad), próximas a la fisura o intersecándolas; la fisura produce golpeteo y al vehículo al circular sobre ella (bordes levemente desnivelados).		
	ALTO	Existe algunas de las condiciones siguientes: - Fisura de bordes severamente desportillados o descascarados. - Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta. - La fisura causa un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo, al circular sobre ella (bordes significativamente desnivelados).		
MEDICION				
Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. Se identifica la longitud y severidad de cada fisura; si la fisura no presenta el mismo nivel de severidad. Se totaliza el número de metros lineales correspondientes a cada uno de los tres niveles des severidad en la sección de pavimento evaluada.				
DESCRIPCION GRAFICA				
				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/ o adecuar la integridad de la estructura del pavimento; evitar el ingreso de agua.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion		
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion.		
		Apicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.		2
MEDIO	LOCAL	Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena.	Rutinario	1-2
	GENERAL	Adoptar alguno de los tratamientos:	Mejoramiento	Variable
		Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena	Periodico	2
		Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo.		2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).		3-5
ALTO	LOCAL	Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena	Rutinario	0.5-1.5
	GENERAL	Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente.	Rehabilitacion	0.5-1
		Es probable que el pavimento requiera un refuerzo estructural a corto plazo; evaluar vida útil remanente y convergencia de sellar su superficie, aplicación de alguno de los tratamientos siguientes, previa preparación del pavimento mediante sellado de fisuras con mortero asfáltico y / o bacheo parcial capa asfáltica.		
		Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo.		2
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal)		3-4
		Recapado con mezcla asfáltica en caliente (espesor variable s/ tránsito)		8-10
POSIBLE EVOLUCION		Incremento en la longitud de las fisuras, debe decímetros a varios metros; ramificación y multiplicación (fisuras múltiples) hasta dar lugar a agrietamiento o tipo piel de cocodrilo. La evolución es más rápida en la medida que se posibilite el ingreso de agua a las capas inferiores (climas lluviosos, bases susceptibles a la pérdida de capacidad soporte por efecto de agua).		



#### 4.5.7. Fisura transversal

TIPO DE DAÑO		FISURA TRANSVERSAL		
DESCRIPCION				
Fracturamiento rectilíneo que se extiende a través de la superficie del pavimento perpendicularmente al eje de la calzada. Puede afectar todo el carril o ancho de calzada como limitarse a los 0.60m próximos al borde. A veces las fisuras transversales se distribuyen a intervalos más o menos regulares, con espaciamiento variables entre 5 y 20m. Al igual que las fisuras longitudinales puede desarrollar ramificaciones y fisuras paralelas "multiplicidad". Se excluyen de este grupo las fisuras provenientes de la reflexión de juntas transversales, características de pavimentos mixtos en los que existe una losa de hormigón bajo la capa asfáltica.				
POSIBLES CAUSAS				
Las siguientes causas pueden dar origen a fisuras transversales: <ul style="list-style-type: none"><li>• Insuficiente espesor del pavimento frente a las cargas del tránsito (Infradiseño estructural);</li><li>• Falta de sobreancho y/o contaminación de las capas inferiores en la proximidad de los bordes del pavimento, o deficiente contención lateral (fisuras de bordes);</li><li>• Retracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, envejecimiento (oxidación) del asfalto, etc., particularmente ante gradientes térmicos frecuentes;</li><li>• Reflexión de grietas que acompañan movimientos de las bases, particularmente la retracción de bases estabilizadas con ligante hidráulicos (cemento) y grietas en losa de hormigón;</li><li>• Apertura de juntas de construcción defectuosamente ejecutadas;</li><li>• Contracción por desecación de los terraplenes o asentamiento de esto y/o su fundación.</li></ul>				
NIVELES DE SEVERIDAD				
En base al ancho o abertura promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento:				
	BAJO	Existen algunas condiciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm; no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes.</li><li>- Fisura sellada, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria (no permite ingreso de agua).</li></ul>		
	MEDIO	Existe alguna de las condiciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descascaramiento o este muy leve.</li><li>- Fisura sellada de cualquier ancho material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua).</li><li>- Fisuras sellada o no, de cualquier ancho, que evidencian algunos de los siguientes signos de degradación: moderado descascaramiento o desportillamiento alrededor de sus bordes; ramificación en forma de fisura erráticas finas (baja severidad), próximas a la fisura o intersecándolas; la fisura produce golpeteo y al vehículo al circular sobre ella (bordes levemente desnivelados).</li></ul>		
	ALTO	Existe algunas de las condiciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fisura de bordes severamente desportillados o descascarados.</li><li>- Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta.</li><li>- La fisura causa un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo, al circular sobre ella (bordes significativamente desnivelados).</li></ul>		
MEDICION				
Las fisuras transversales se miden en metros lineales. Se identifica la longitud y severidad de cada fisura; si la fisura se presenta el mismo nivel de severidad en toda su extensión, debe registrarse separadamente cada porción con diferente grado de severidad. Se totaliza el número de metros lineales- correspondientes a cada uno de los tres niveles de severidad-observados en la sección de pavimento evaluada.				
DESCRIPCION GRAFICA				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/ o adecuar la integridad de la estructura del pavimento; evitar el ingreso de agua.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion		
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion.		
		Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.		
MEDIO	LOCAL	Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena.	Rutinario	1-2
	GENERAL	Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena		2
		Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento o de agregado pétreo.	Periodico	2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).		3-5
ALTO	LOCAL	Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena	Rutinario	0.5-1.5
		Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente.		0.5-1
	GENERAL	Es probable que el pavimento requiera un refuerzo estructural a corto plazo; evaluar vida útil remanente y convergencia de sellar su superficie. Aplicación de alguno de los tratamientos siguientes, previa preparación del pavimento mediante sellado de fisuras con mortero asfáltico y /o bacheo parcial capa asfáltica:	Rehabilitacion	
		Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento o de agregado pétreo.		2
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).		3-4
		Recapado con mezcla asfáltica en caliente (espesor variable s/ tránsito).		8-10
POSIBLE EVOLUCION		El número de fisuras puede aumentar notablemente con el tiempo. El desportillamiento de los bordes favorece el desarrollo de agrietamientos coccidilo alrededor de ellas.		

#### 4.5.8. Fisuras en bloques

TIPO DE DAÑO		FISURA EN BLOQUES									
DESCRIPCION											
<p>Fisuras y grietas interconectadas que dividen la superficie del pavimento en polígonos aproximadamente rectangulares. El tamaño de los bloques varía en un rango de alrededor de 0.9m2 hasta un máximo de 9m2. Cuando los bloques resultan de mayor tamaño son identificados generalmente como fisuras longitudinales y transversales. Siendo este un fenómeno no asociado a las cargas de tránsito (el tránsito sin embargo puede incrementar su severidad) se desarrollan en cualquier parte del pavimento, normalmente cubriendo un amplia área; a veces ocurren sólo un áreas no traficadas.</p> <p>Las fisuras en bloques se diferencian de las fisuras tipo piel de cocodrilo en cuanto a que en estas los polígonos son más pequeños, irregulares y de ángulo agudo, y que tratándose de un fenómeno asociado a las repeticiones de cargas, las fisuras piel de cocodrilo se localizan en: las áreas más traficadas (huellas de canalización del tránsito).</p>											
POSIBLES CAUSAS											
<p>Las siguientes pueden dar origen a fisuras en bloques:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Excesiva contracción de la mezcla asfáltica inducida por cambios de temperatura y/o humedad en la misma;</li><li>• Excesivo endurecimiento del bitumen por deficiencia durante el manipuleo y elaboración de la mezcla asfáltica, o bien por una prolongada exposición y oxidación durante el periodo de servicio;</li><li>• Mezcla asfáltica muy rígida, como consecuencia de un exceso de filler en la misma;</li><li>• Reflexión de grietas originadas en una capa subyacente debido a la retracción de bases estabilizadas hidráulicamente, fisuras múltiples en losas de hormigón, o eventualmente recapados delgados sobre pavimentos antiguos muy agrietados;</li><li>• Debilitamiento brusco de las capas inferiores, (generalmente por saturación de los materiales).</li></ul>											
NIVELES DE SEVERIDAD											
En función de la severidad de las fisuras que definen los bloques:											
	BAJO	Los bloques están delimitados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Bajo.									
	MEDIO	Los bloques están delimitados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Medio.									
	ALTO	Los bloques están delimitados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Alto.									
MEDICION											
<p>Las fisuras en bloques se miden en metros cuadrados de superficie total afectada en la unidad o sección de pavimento evaluada. Por lo común se manifiestan con un único nivel de severidad. En el caso de observarse diferentes niveles de severidad, las áreas afectadas deben medirse y, registrarse separadamente, de acuerdo a su severidad.</p>											
DESCRIPCION GRAFICA											
											
OBJETO DEL MANTENIMIENTO											
Conservar y/ o adecuar la integridad de la estructura del pavimento; evitar el ingreso de agua.											
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA								CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION									
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion									
	GENERAL	Ninguna Accion: Vigilar posible Evolucion. Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.									
MEDIO	LOCAL	Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.								Periodico	2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).									3-5
	GENERAL	Sellado de la superficie con material bituminoso c/recubrimiento de agregado pétreo (carreteras de TMA< 2000).								Periodico	2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (carreteras de TMA< 2000).									3-5
		Tratamiento superficial asfáltico doble/ triple (carreteras de TMA< 2000)									4-6
ALTO	LOCAL	Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.								Rutinario	2
		Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal).									3-4
		Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente.									0.5-1
	GENERAL	Es probable que el pavimento requiera un refuerzo estructural								Rehabilitacion	
		Trabajos de preparación previa + recapado con mezcla asfáltica en caliente.									4-6
		Trabajos de preparación previa + recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente.									6-8
Colocación de geotextil + recapado delgado con mezcla asfáltica caliente											
POSIBLE EVOLUCION		Degradación de los bordes y ángulos que forman los paños o bloques (desportillamiento/ descascaramiento). Aumento de número de grietas transversales con el tiempo.									





4.5.9. Fisuras tipo piel de cocodrilo

TIPO DE DAÑO		FISURA TIPO PIEL DE COCODRILO				
DESCRIPCION						
Serie fisuras interconectadas entre sí, formando en la superficie del pavimento pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos y dimensión mayor normalmente inferior de 0.30 m. Fenómeno asociado a las repeticiones de carga (fatiga), estas fisuras ocurren solo en áreas expuesta a las sollicitaciones del tránsito (principalmente huellas de canalización); por ende raramente cubren todo el área del pavimento. No tienen por qué ocurrir en pavimentos mixtos (refuerzo asfáltico sobre losas de hormigón); en estos casos ciertos patrones de fisuración que pueden asemejarse a la piel de cocodrilo responde más bien a una reflexión de las grietas de la losa subyacente y pueden ser identificadas como fisuras en bloques.						
POSIBLES CAUSAS						
Son causadas por la fatiga de las mezclas asfáltica bajo cargas repetidas. La fisuración se inicia en la parte inferior de la capa asfáltica, donde las tensiones y de formaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan hasta a superficie inicialmente con una o más fisuras paralelas; luego, por efecto de las repeticiones de cargas, evolucionan interconectándose, formando una malla cerrada que asemeja la piel de cocodrilo. Los factores siguientes conducen al desarrollo de fisuras piel de cocodrilo:						
• Insuficiencia de los espesores y resistencia del pavimento frente a las repeticiones de carga (infradiseño estructural);						
• Pavimentos altamente deformables o resilientes (deflexiones recuperables importantes bajos radios de curvatura);						
• Significativamente reducción de la resistencia a fatiga de las mezclas asfálticas como consecuencia de deficiente la calidad de los materiales, deficiencias en el proceso de elaboración y puesta en obra, degradación de mezclas susceptibles a la acción del agua por efecto de un drenaje superficial inadecuado.						
NIVELES DE SEVERIDAD						
En función del grado de desarrollo del daño						
	BAJO	Fisuras muy finas, menores de 1.5mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan desportillamiento.				
	MEDIO	Fisuras muy finas a moderadas, de ancho menor de 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños, y angulosos, que pueden presentar un moderado desportillamiento en correspondencia con las intersecciones.				
	ALTO	La red de fisura ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con desportillamiento de severidad moderada a alta a los largos de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimiento al ser sometidas al tráfico, y/o pueden haber sido removidos por el mismo.				
MEDICION						
Las fisuras en bloques se miden en metros cuadrados de superficie total afectada en la unidad o sección de pavimento evaluada. Por lo común se manifiestan con un único nivel de severidad. En el caso de observarse diferentes niveles de severidad, las áreas afectadas deben medirse y, registrarse separadamente, de acuerdo a su severidad.						
DESCRIPCION GRAFICA						
<div><div><p>Las fisuras piel de cocodrilo se desarrollan por fatiga de las mezclas asfálticas sometidas a deflexiones elásticas repetidas. Como tales se concentran en las huellas de canalización del tránsito. En tratamientos asfálticos se extienden a una mayor área. Indican infradiseño estructural</p></div><div></div><div><p>Huellas canalización del tránsito</p><p>Tratamientos asfálticos</p><p>Carpetas asfálticas</p><p>asf &lt; 25mm</p><p>asf &gt; 30mm</p><p>Sentido avance</p><p>Compresión</p><p>Tracción</p><p>La fisura se inicia en el borde inferior de la capa asfáltica donde el esfuerzo de tracción es mayor.</p><p>Los esfuerzos horizontales de tracción se incrementan por efecto de:</p><ul style="list-style-type: none"><li>Capas superiores degradadas y/o espesores asfálticos insuficientes (bajos radios curvatura)</li><li>Deficiente adherencia</li><li>Subrasantes y/o estructural débiles (altas deflexiones recuperables)</li></ul><p>El frecuente deflexionar de la capa asfáltica incrementa el ancho y degradación de los bordes de las fisuras; el desplazamiento de los paneles permite su remoción por el tráfico.</p></div></div>						
OBJETO DEL MANTENIMIENTO						
Conservar y/ o adecuar la integridad de la estructura del pavimento.						
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA			CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION				
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion				
		Aplicar sellado de la superficie afectada con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.			Rutinario	1
	GENERAL	Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento o agregado pétreo.			Periodico	2
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).				3 - 4
MEDIO	LOCAL	Bacheo superficial; mezclas asfálticas en frío o caliente			Rutinario	0.5 - 1
		Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío o caliente.				0.5 - 2
		Bacheo profundo; incluido reposición de base granular				4 - 6
	GENERAL	Es probable el pavimento requiera un refuerzo estructural a corto plazo; evaluar vida útil remanente y conveniencia de algún tipo de rehabilitación:				2 - 3
		Trabajos bacheo s/ relación técnica precedente (selección técnica depende de condiciones de cada caso específico).			Mejoramiento	0.5 - 2
		Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo.			Rehabilitacion	2
		Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica.				3 - 4
		Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente.				6 - 8
ALTO	LOCAL	Bacheo profundo; incluida reposición de base granular.			Rutinario	4 - 6
		Reposición y mejoramiento del drenaje superficial y/ o profundo (en combinación con técnica precedente).				5 - 6
	GENERAL	El pavimento requiere rehabilitación. Aplicación de alguno de las técnicas siguientes:			Rehabilitacion	
		Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente.				8 - 10
		Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente.				
Recomposición y mejoramiento del drenaje superficial y/ o profundo (en combinación con técnicas precedentes).				10		
POSIBLE EVOLUCION		Extensión progresiva del fenómeno en la superficie del pavimento. En su evolución suelen ir acompañados de ahuellamiento y/o hundimientos; progresan más o menos rápidamente según las condiciones de tráfico, precipitación y drenaje, a las que están expuestas, hasta a originar baches.				

#### 4.5.10. Fisuras reflejadas

TIPO DE DAÑO		FISURA TIPO REFLEXION DE JUNTAS		
		DESCRIPCION		
Se presentan solo en pavimentos mixtos conformados por una superficie asfáltica sobre losas de hormigón. Consisten en la proyección ascendente, a través de la capa asfáltica, de las juntas del pavimento de hormigón, como solución de continuidad de las losas subyacentes. Como consecuencia, se observan que tienden a producir las juntas respectivas de las losas inferiores. Se excluyen de este grupo otras fisuras por reflexión, que ocurren en pavimentos mixtos fuera de las juntas, como consecuencia de movimientos de bases estabilizadas hidráulicamente; éstas se identifican como fisuras longitudinales, transversales o en bloques, según se manifiestan en la superficie.				
		POSIBLES CAUSAS		
Estas fisuras tienen su origen en el movimiento, tanto vertical como horizontal, que experimentan las juntas de las losas de hormigón subyacentes. Dichos movimiento es resistido por la mezcla asfáltica superficial, adherida a las losas, la rapidez con que se propagan las fisuras a través de la capa asfáltica está determinada por: • Fundamentalmente, la amplitud de los ciclos de apertura y cierra de las juntas, como consecuencia de variaciones térmicas y de contenido de humedad en las losas; • Si bien las cargas del tráfico no desencadenan el fenómeno, las mayores deflexiones que se producen en las juntas como consecuencia de cargas más pesadas, aceleran el proceso. • El espesor de la capa asfáltica superficial y/o la existencia de otros elementos de refuerzo o retardares de la propagación de las grietas (refuerzo o aditivos en la mezcla, geotextiles, etc.)				
		NIVELES DE SEVERIDAD		
En base al ancho o abertura promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento:				
	BAJO	Existe alguna de las condiciones siguientes: - Fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm; no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes; - Fisura sellada, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria (no permite ingreso de agua)		
	MEDIO	Existen algunas de las condiciones siguientes: - Fisuras sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descascaramiento o este muy leve; - Fisuras sellada o no de cualquier ancho con material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua); - Fisura sellada o no de cualquier ancho, que evidencian alguno de los siguientes signos de degradación: moderado descascaramiento o desportillamiento alrededor de sus bordes; ramificaciones en forma de fisura erráticas finas (baja severidad), próximas a la fisura o intersecándolas; la fisura produce golpeteo al vehículo, al circular sobre ella (bordes levemente desnivelado).		
	ALTO	Existe alguna de las condiciones siguientes: - Fisura de bordes severamente desportillados o descarados; - Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta; - La fisura causa un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo, al circular sobre ella (bordes significativamente desnivelados).		
		MEDICION		
Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. Se identifica la longitud severidad de cada fisura; si la fisura se presenta en el mismo nivel de severidad en toda su extensión, debe registrarse separadamente cada porción con diferente grado de severidad. Se totaliza el número de metros lineales- correspondientes a cada uno de los tres niveles de severidad- observados en la sección de pavimento evaluada.				
		DESCRIPCION GRAFICA		
<div><div></div><div>Las fisuras reflejadas reproducen parcial o totalmente el arreglo/o patrón de juntas del pavimento de hormigón subyacente.</div><div>Con frecuencia se producen descascaramientos y pérdidas de la carpeta asfáltica a uno o ambos lados de la fisura, como consecuencia de los movimientos (actividad) que experimentan tanto la junta como la grieta reflejada</div><div>El estado y funcionamiento de la junta, así como los trabajos de preparación previa. Inciden marcadamente en el desarrollo de las fisuras.</div><div>A menor espesor de la capa asfáltica y/o mayores variaciones de temperatura en el hormigón mayor rapidez en la propagación de las grietas.</div><div>La reflexión de juntas longitudinales es menos crítica que la de juntas transversales debido al menor movimiento que experimentan.</div><div>Solicitaciones inducidas por los factores ambientales y las cargas del tránsito: variaciones en la temperatura del hormigón producen ciclos de apertura y cierre de las juntas transversales; las cargas del tránsito provocan deflexiones en bordes y esquinas.</div><div>Carpeta asfáltica bien adherida losa de hormigón subyacente</div></div>				
		OBJETO DEL MANTENIMIENTO		
Conservar y/o adecuar la integridad de revestimiento o capa asfáltica. Restablecer la comodidad de la circulación sobre el pavimento afectada por la generalización de fisuras por reflexión de las juntas transversales del nivel de severidad alto.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion		
	GENERAL	Ninguna Accion		
		Sellado de fisuras con emulsión bituminosa/ asfalto liquido		
MEDIO	LOCAL	Sellado de fisuras con emulsión bituminosa o asfalto liquido + arena.	Periodico	0.5 - 1.5
ALTO	LOCAL	Sellado de fisuras con mortero asaltico (asfalto liquido o emulsión + arena).	Rehabilitacion	8 - 10
	GENERAL	Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla asfáltica en frio/ e caliente.	Rutinario	0.5 - 2
POSIBLE EVOLUCION		Dado que las juntas del pavimento de hormigón que reproducen en la superficie, experimentan movimientos horizontal/ vertical, la degradación de los bordes de las fisuras es frecuente y más o menos rápida. Por desportillamiento pueden conducir a la formación de baches superficiales que se extiende a un lado o ambos lados de la grieta.		



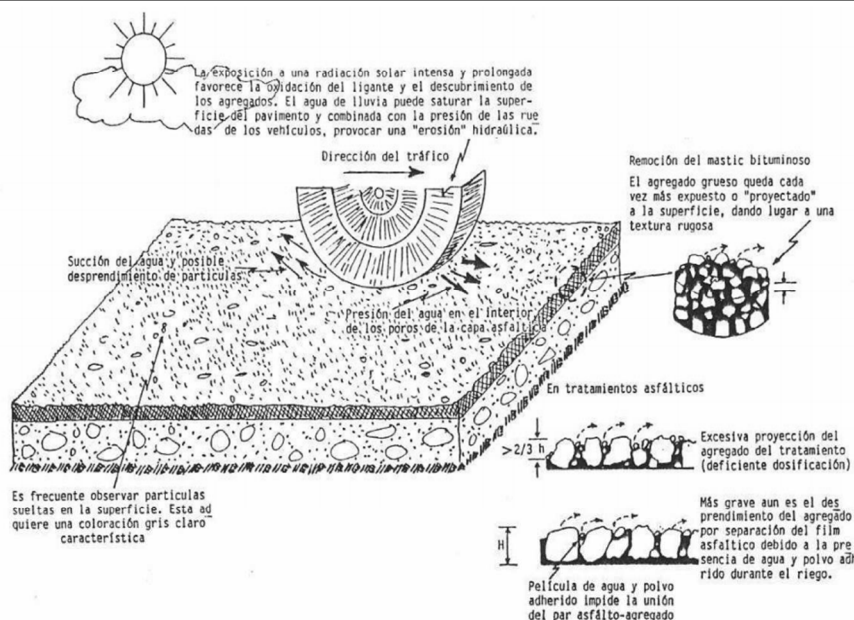
#### 4.5.11. Fisuras en arco

TIPO DE DAÑO		FISURA TIPO ARCO		
DESCRIPCION				
Fisuras en forma de media luna –o más precisamente de cuarto creciente– que tienen generalmente sus dos extremos apuntando hacia fuera en la dirección del tráfico. Ocurren fundamentalmente en la huellas de canalización del tránsito en correspondencia con sectores de frenado o cambio de dirección. A veces se las denomina también “fisuras por resbalamiento” aludiendo al mecanismo que las produce.				
POSIBLES CAUSAS				
Las fisuras en arco se producen cuando las fuerzas horizontales provocadas por el frenado o cambio de dirección de las ruedas del tránsito vehicular son suficientemente importantes como para hacer deslizar y deformar la capa asfáltica superficial. Esta situación se presenta cuando:				
- Se combina una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la capa superficial y la capa inmediatamente subyacente;				
- Es deficiente la adherencia en la interface capa asfáltica/base como consecuencia de la falta de riego de la liga, contaminación de polvo antes o durante su ejecución o por el contrario, un exceso de la dotación de la ligante;				
- Los espesores de carpeta son muy reducidos y son colocados sobre una superficie fácilmente degradable (bases estabilizadas con ligantes hidráulicos) o excesivamente pulida (pavimentos de hormigón).				
NIVELES DE SEVERIDAD				
No se definen diferentes niveles de severidad: es suficiente con indicar que existen fisuras en arco, por resbalamiento. Sin inicialmente se presentan como un conjunto de fisuras finas dispuestas paralelamente, una vez que el deslizamiento de la mezcla ha tenido lugar su evolución es muy rápida: se fractura el área alrededor de las grietas en trozos fácilmente removibles, que desaparecen rápidamente por acción del tránsito, dando lugar a un “bache”.				
MEDICION				
Las fisuras en arco se miden en metros cuadrados totalizados la superficie afectada dentro de la unidad o sección de pavimento evaluada.				
DESCRIPCION GRAFICA				
<div><div><p>Las fisuras se inician en la parte superior donde las tensiones son mayores; se propagan en ángulo a través de la capa que desliza, hasta la ubicación de máxima deformación (en el mismo plano de deslizamiento) resultando en una fisura en ángulo.</p><p>Trac. = Compr.      s/deslizam.      c/deslizam.</p><p>El deslizamiento provoca una redistribución de tensiones y deformaciones, modificando la ubicación de los esfuerzos de tracción máximos.</p></div><div><p>Impronta del neumático sobre el pavimento</p><p>Sentido del tráfico</p><p>Plano de deslizamiento</p><p>esfuerzo de tracción máximo</p><p>Suelen ir acompañadas de corrimientos (mezclas muy deformables)</p></div><div><p>La carga horizontal <math>T</math> se incrementa por aceleramiento/frenado o giro de los vehículos: es función de la carga vertical <math>P</math> y del coeficiente de fricción neumático-pavimento: <math>T = f \cdot P</math></p><p>Los esfuerzos de tracción máximos se desarrollan en la parte posterior de la impronta-opuesta a la dirección del tráfico; en los bordes del área de contacto, donde son todos de la misma magnitud. Esto conduce a un progresivo fracturamiento alrededor del mismo justificando la forma en arco de las fisuras</p></div></div>				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/o adecuar la integridad de revestimiento o capa asfáltica. Restablecer la comodidad de la circulación sobre el pavimento afectada por la generalización de fisuras por reflexión de las juntas transversales del nivel de severidad alto.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
NO SE DEFINEN NIVELES	LOCAL	Ninguna acción (previa mejora del drenaje).	Rutinario	1
		Aplicar sellado de superficie afectada con emulsión bituminosa.		3
		Sellado de fisuras con emulsión bituminosa/ asfalto líquido		
	GENERAL	Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en caliente.	Periodico	3
		Escarificación carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla asfáltica en caliente.	Rehabilitacion	8 - 10
POSIBLE EVOLUCION		Progresan rápidamente originando baches superficiales. Por lo general se manifiestan localmente acompañadas de corrimientos y ondulaciones (características de mezcla asfáltica inestables).		





#### 4.5.12. Desprendimiento/descubrimiento de agregados

TIPO DE DAÑO		DESINTEGRACIONES POR DESPRENDIMIENTO/DESCUBRIMIENTO AGREGADOS		
DESCRIPCION				
Desgaste gradual de la superficie de rodamiento como consecuencia de la disgregación y desprendimiento del material fino que la conforma, o de la separación y pérdida del mastic (ligante + fino) alrededor de la matriz de agregados, dejando a esta cada vez más expuesta a la acción abrasiva del tránsito y del clima. La superficie parece desintegrarse en pequeños trozo dando lugar a una textura más abierta y rugosa. Ocurren con más frecuencia en tratamientos asfálticos y mezclas en frío; pueden cubrir amplios sectores de la calzada o concentrarse en las huellas de canalización del tránsito.				
POSIBLES CAUSAS				
Son defectos de superficie asociadas en general a una pérdida de las propiedades ligantes del asfalto como consecuencia de:				
<ul style="list-style-type: none"><li>• Excesivo endurecimiento del bitumen debido a un Inapropiado manipuleo (sobre calentamiento) durante la elaboración de la mezcla asfáltica o su puesta en obra (riegos);</li><li>• Insuficiente dotación del material bituminoso o inadecuada gradación de los agregados pétreos;</li><li>• Pérdida de adhesión entre el bitumen y el agregado en presencia de agua debido al empleo de agregados de mayor afinidad con el agua (hidrófilos), sucios (contaminados), y /o húmedos, o a la exigencia de burbujas de aire atrapadas en el revestimiento asfáltico debido a deficiencias en el proceso constructivo;</li><li>• Oxidación del bitumen luego de un prolongado período de servicio, particularmente cuando revestimientos con alto contenido de vacíos son expuestos a condiciones climáticas desfavorables (radiación solar- precipitaciones intensas);</li><li>• Fractura de las partículas de agregado por efecto de las presiones aplicadas durante la compactación (puesto en obra) o por el tráfico vehicular durante el período de servicio, o por causas naturales, posibilitando que las partículas sueltas o parcialmente recubiertas sean levantadas del tránsito;</li><li>• Importantes sollicitaciones tangenciales (curvas, rampas, etc.) en combinación con algunos de los factores mencionados.</li></ul>				
NIVELES DE SEVERIDAD				
	BAJO	Hay signos de que el agregado pétreo y/o mastic bituminoso han comenzado a desprenderse. La superficie aun cuando evidencia cierto desgaste se mantiene firme y bien ligada. No hay excesiva proyección del agregado en la superficie (tratamiento asfáltico).		
	MEDIO	El desprendimiento de material fino y/o mastic bituminoso es significativo, dejando expuesto al agregado grueso. La superficie del pavimento presenta una textura abierta y rugosa; suelen existir partículas sueltas o fácilmente disgregables. Excesiva proyección del agregado en la superficie (tratamientos asfálticos).		
	ALTO	El desprendimiento del agregado es extensivo e incluye la remoción del material grueso. La superficie del pavimento resulta muy irregular por la gran exposición del agregado grueso y la existencia de frecuentes "peladuras" o pequeñas cavidades distribuidas erráticamente (alto nivel de rugosidad y ruido).		
MEDICION				
El descubrimiento/desprendimiento de agregados se mide en metros cuadrados de superficie afectada, midiendo y registrando éstas separadamente, según el nivel de severidad identificado en cada caso.				
DESCRIPCION GRAFICA				
				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento o capa asfáltica.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna Acción		
	GENERAL	Ninguna Acción		
MEDIO	LOCAL	Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie.	Rutinario	2
		Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Rutinario	2-3
		Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal).	Rutinario	3-5
	GENERAL	Aplicación riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.	Rutinario	2
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de área.	Periodico	2-3
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Periodico	3-5
ALTO	LOCAL	Bacheo superficial; mezcla asfáltica de frío/ en caliente.	Rutinario	0.5-1.5
		Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Rutinario	2-3
		Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal).	Rutinario	3-5
	GENERAL	El pavimento requiere mejora estructural		
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento y agregado petreo.	Periodico	2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones).		3-5
		Tratamiento superficial asfáltico doble o triple s/ volumen de tránsito.		4-6
Recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente (carretera con TMDA> 2000).	8-10			
POSIBLE EVOLUCION		El proceso continúa con el tiempo, acelerándose a medida que aumenta la permeabilidad del revestimiento y oxidación del medio ligante. Esta evolución suele ir acompañada de peladuras y baches superficiales hasta llegar a la completa desintegración del revestimiento.		

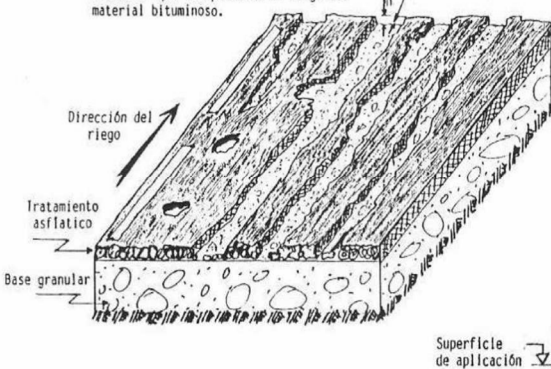
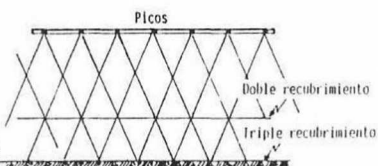


### 4.5.13. Peladuras

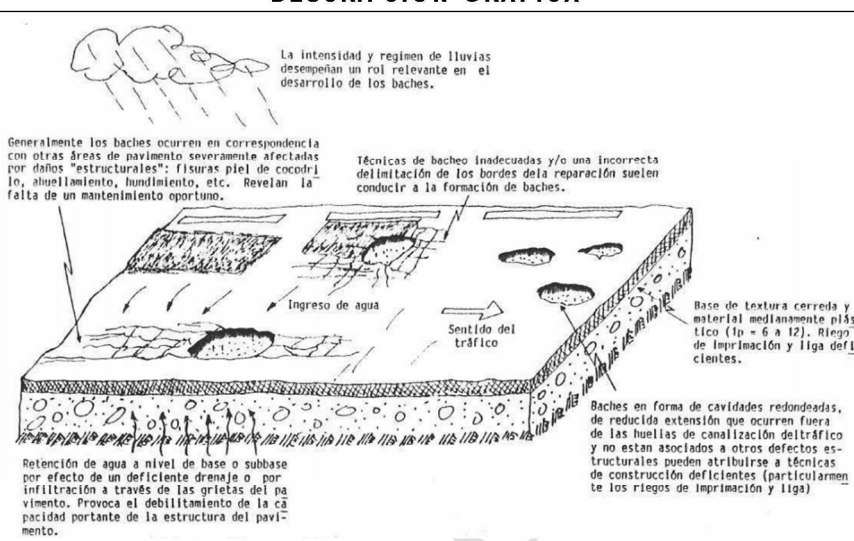
TIPO DE DAÑO	DESINTEGRACIONES POR PELADURAS			
DESCRIPCION				
Desprendimiento de pequeñas placas o porciones del material que conforme la superficie de rodamiento, originando pequeños hoyos o cavidades en el pavimento, no relacionados con agrietamientos ni otros efectos estructurales. Normalmente estas cavidades no sobrepasan los 15 a 20 mm de profundidad, y su diámetro es menor de 15 cm. Cuando alcanzan mayores dimensiones (extensión y/o Profundidad) se identifican como "baches".				
POSIBLES CAUSAS				
Estos defectos de superficie son provocados por diversas causa- en general similares a los desprendimientos de agregados que se manifiestan localmente:				
<ul style="list-style-type: none"><li>• Muy reducido espesor de la superficie de rodamiento, inferior al mínimo constructivo requerido por el revestimiento, por una deficiente puesta en obra;</li><li>• Insuficiente dotación del ligante o segregación del agregado pétreo durante el proceso constructivo (elaboración de mezclas y/o puesta en obra);</li><li>• Deficiente adherencia del revestimiento a la capa subyacente (falta de riego de liga o deficiente imprimación);</li><li>• Contaminación de los agregados pétreos durante la construcción de tratamientos asfálticos;</li><li>• Acción de agentes agresivos exógenos, tales como derrames de solventes y otros derivados del petróleo, que provocan el ablandamiento (fluidificación) del bitumen y el consiguiente desprendimiento por acción del tránsito;</li><li>• Indentaciones o escarificaciones provocadas por arrastre de elementos cortantes excesivamente abrasivos, o por solicitaciones tangenciales importantes (giro de aeronaves con neumáticos de alta presión sobre revestimiento delgados);</li><li>• En revestimiento asfáltico sometido a altas temperaturas de servicio y tránsito pasado e intenso, el bitumen en la superficie puede ablandarse y adherirse a los neumáticos, posibilitando que estos "arranque" parte del revestimiento.</li></ul>				
NIVELES DE SEVERIDAD				
No se definen niveles de severidad. Es suficiente indicar que existen peladuras y establecer la densidad o frecuencia (medición) con que ocurren.				
MEDICION				
Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie de pavimento afectada.				
DESCRIPCION GRAFICA				
<div><div><p>Heterogeneidades constructivas, ya sea en la elaboración/dosificación de las mezclas o revestimientos, o bien durante su puesta en obra, y compactación.</p></div><div><p>Ocurren con cierta frecuencia en recapados muy delgados colocados sobre pavimentos asfálticos o de hormigón.</p><p>Espesor reducido</p><p>Mezcla asfáltica recapado</p><p>antiguo pavimento</p></div><div><p>Sentido del tráfico</p><p>Un caso particular: Indentaciones provocadas por llantas metálicas u orugas</p><p>Una reducida adherencia a la capa subyacente favorece el desarrollo de peladuras y pequeños baches superficiales.</p><p>Derrames de combustibles, ácidos u otros agentes agresivos, incluyendo el fuego, provocan peladuras.</p></div></div>				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento o capa asfáltica.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
NINGUN NIVEL DE SEVERIDAD	LOCAL	Ninguna Acción		
		Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío/ en caliente.	Rutinario	1 - 3
	GENERAL	El pavimento requiere mejora superficial.		
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Periodico	2
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).		3 - 4
		Tratamiento superficial bituminoso doble o triple, s/ tránsito		4 - 6
		Recapado con mezcla bituminosa en caliente (carreteras con TMDA 2000)		8 - 10
POSIBLE EVOLUCION		Aumento del número y extensión de las zonas con peladuras; estas se convierten en "baches superficiales". Sin embargo la condición puede permanecer estable mucho tiempo; la evolución depende básicamente de que la causa del daño se mantenga activa o no.		



#### 4.5.14. Estrías longitudinales

TIPO DE DAÑO		DESINTEGRACIONES POR ESTRÍAS LONGITUDINALES			
DESCRIPCION					
Sucesión de peladuras y/o de desprendimientos pétreos de la superficie pavimento que se distribuyen linealmente, en forma de forma de uno o más surcos longitudinales, paralelos al eje de la vía. Ocurren exclusivamente en unos tratamientos asfálticos superficiales y riesgos bituminosos: los daños se alienan en coincidencia con la dirección del riego.					
POSIBLES CAUSAS					
Las estrías longitudinales tienen su origen en deficiencias en el proceso constructivo de riegos y tratamientos asfálticos, que conducen a una desuniforme distribución del material bituminoso sobre la superficie de la calzada, como consecuencia de:					
<ul style="list-style-type: none"><li>• Inadecuada altura de la barra de riego del camión distribuidor de asfalto o variación de este durante la operación de riego;</li><li>• Deficiente funcionamiento de la barra de riego por obturación de los picos regadores;</li><li>• Variaciones en el dosaje de agregados pétreos debido a su deficiente distribución Y/o segregación durante el proceso constructivo.</li></ul>					
NIVELES DE SEVERIDAD					
En base a las condiciones prevalecientes observadas de acuerdo con la siguiente guía;					
	BAJO	Los surcos se aprecian fundamentalmente a través de un cambio en la coloración de la superficie. Los desprendimientos son de nivel de severidad bajo y no se observan peladuras.			
	MEDIO	Los surcos son manifiestos como consecuencia de la pérdida de la gravilla; su profundidad no sobrepasa los 6mm. Los desprendimientos son de severidad bajo y no se observan peladuras.			
	ALTO	Los surcos son profundos y en algunos sectores comprenden todo el revestimiento (pérdidas de agregados gruesos y finos). Los desprendimientos son de severidad alta acompañados usualmente de peladuras. Puede ser claramente percibido por los vehículos más livianos.			
MEDICION					
Se miden en metros cuadrados de superficie de pavimento afectada, midiendo y registrando las áreas separadamente según su nivel de severidad.					
DESCRIPCION GRAFICA					
<div><div><p>la profundidad de los surcos depende del tipo de material desprendido; caracteriza el nivel de severidad del daño.</p><p>Ocurren exclusivamente en tratamientos asfálticos. La estria tiene la misma dirección que la operación de riego del material bituminoso.</p></div><div><p>Las siguientes son las causas más frecuentes de variaciones en la dotación del ligante regado sobre la superficie del pavimento;</p><ul style="list-style-type: none"><li>- Deficiente operación de la barra de distribución de asfalto por falta de limpieza de los picos regadores y pérdida de paralelismo de los haces que proyectan.</li><li>- Inadecuada elección de la altura de la barra de riego, variación de esta durante la aplicación del ligante o falta de paralelismo con la superficie de aplicación.</li></ul><p>Altura correcta: recubrimiento doble o triple</p></div></div>					
OBJETO DEL MANTENIMIENTO					
Conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento o capa asfáltica.					
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA		CLASIFICACION	VIDA
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		TRABAJO	ESPERADA (AÑOS)
BAJO	LOCAL	Ninguna Accion			
	GENERAL	Ninguna Accion			
MEDIO	LOCAL	Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en áreas afectadas.		Rutinario	2
		Aplicación riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en áreas afectadas.		Rutinario	2
		Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.			2-3
	GENERAL	Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal).		Rutinario	3-5
		Aplicación riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie.			2
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de área.		Periodico	2-3
ALTO	LOCAL	Bacheo superficial (asfalto liquido o emulsión bituminosa + agregado pétreo).		Rutinario	0.5-1.5
		Sellado de la superficie afectada c/ material bituminoso y recubrimiento de arena.			2-3
		Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal) (1 o más aplicaciones).			3-5
	GENERAL	Aplicar algunas de las técnicas siguientes, previo trabajos de preparación (bacheo superficial):		Periodico	3-5
		Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento y agregado petreo.			2-3
		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones).			3-5
Tratamiento superficial asfáltico doble o triple s/ volumen de tránsito.			4-6		
POSIBLE EVOLUCION		Reducen gradualmente la severidad del pavimento al aumentar su rugosidad Desarrollo de baches superficiales.			

#### 4.5.15. Baches

TIPO DE DAÑO	DESINTEGRACIONES POR BACHES																					
DESCRIPCION																						
Descomposición o desintegración total de la superficie del pavimento y su remoción en una cierta extensión, usualmente menor de 0.9m de diámetro, formando un hoyo o cavidad redondeada, de bordes netos y lados verticales en su parte superior. Constituyen daños estructurales que interrumpen la continuidad del pavimento; su presencia es indicativa de insuficiente mantenimiento.																						
POSIBLES CAUSAS																						
La acción del tránsito sobre áreas donde la superficie del pavimento se ha disgregado en pequeños trozos provoca la remoción del material, originando el bache. Las siguientes causas se conjugan para dar lugar a la formación de baches:																						
<ul style="list-style-type: none"><li>• Evolución de otros daños tales como agrietamientos piel de cocodrilo, hundimientos, peladuras, etc., por falta de mantenimiento oportuno;</li><li>• Fundaciones y/o capas estructurales, particularmente bases de pavimentos, débiles e inestables;</li><li>• Espesores del pavimento insuficientes (Infradiseño estructural frente al tráfico real);</li><li>• Retención e infiltración de agua en áreas deprimidas (hundimientos) o agrietadas del pavimento;</li><li>• Técnicas de construcción inapropiadas en la ejecución de los revestimientos asfálticos, riegos de imprimación y/o liga, compactación de las bases granulares, etc.;</li><li>• Uso de materiales y mezcla de calidad pobre (técnicas de control de calidad deficientes).</li></ul>																						
NIVELES DE SEVERIDAD																						
Se definen en función del área y profundidad del bache, de acuerdo a las siguientes especificaciones:																						
<table><tr><th rowspan="2">PROFUNDIDAD MAXIMA</th><th colspan="3">DIAMETRO MEDIO</th></tr><tr><th>102 - 203mm</th><th>203 - 457mm</th><th>457 - 762mm</th></tr><tr><td>1.7 - 25.4mm</td><td>BAJO</td><td>BAJO</td><td>MEDIO</td></tr><tr><td>25.4 - 50.8mm</td><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr><tr><td>&gt; 50.8mm</td><td>MEDIO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr></table>				PROFUNDIDAD MAXIMA	DIAMETRO MEDIO			102 - 203mm	203 - 457mm	457 - 762mm	1.7 - 25.4mm	BAJO	BAJO	MEDIO	25.4 - 50.8mm	BAJO	MEDIO	ALTO	> 50.8mm	MEDIO	MEDIO	ALTO
PROFUNDIDAD MAXIMA	DIAMETRO MEDIO																					
	102 - 203mm	203 - 457mm	457 - 762mm																			
1.7 - 25.4mm	BAJO	BAJO	MEDIO																			
25.4 - 50.8mm	BAJO	MEDIO	ALTO																			
> 50.8mm	MEDIO	MEDIO	ALTO																			
MEDICION																						
Normalmente se cuenta el número de baches con niveles de severidad bajo medio y alto, que ocurren en la sección de pavimento inspeccionada.																						
DESCRIPCION GRAFICA																						
<div><div></div><div>La intensidad y regimen de lluvias desempeñan un rol relevante en el desarrollo de los baches.</div><div>Generalmente los baches ocurren en correspondencia con otras áreas de pavimento severamente afectadas por daños "estructurales": fisuras piel de cocodrilo, abultamiento, hundimiento, etc. Revelan la falta de un mantenimiento oportuno.</div><div>Técnicas de bacheo inadecuadas y/o una incorrecta delimitación de los bordes de la reparación suelen conducir a la formación de baches.</div><div>Ingreso de agua</div><div>Sentido del tráfico</div><div>Base de textura cerrada y material medianamente plástico (I<sub>p</sub> = 6 a 12). Riego de imprimación y liga deficientes.</div><div>Baches en forma de cavidades redondeadas, de reducida extensión que ocurren fuera de las huellas de canalización del tráfico y no están asociados a otros defectos estructurales pueden atribuirse a técnicas de construcción deficientes (particularmente los riegos de imprimación y liga)</div><div>Retención de agua a nivel de base o subbase por efecto de un deficiente drenaje o por infiltración a través de las grietas del pavimento. Provoca el debilitamiento de la capacidad portante de la estructura del pavimento.</div></div>																						
OBJETO DEL MANTENIMIENTO																						
Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad del tránsito conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento asfáltico o de la estructura del pavimento.																						
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)																		
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION																				
BAJO	LOCAL	Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente.	Rutinario	0.5 - 1.5																		
	GENERAL	Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente.	Rutinario	0.5 - 1.5																		
		Bacheo superficial + sellado de superficie (preventivo)	Mejoramiento	2 - 3																		
MEDIO	LOCAL	Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente.	Rutinario	0.5 - 1																		
		Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente.		0.5 - 2																		
	GENERAL	El pavimento requiere al menos una mejora superficial.	Mejoramiento	0.5 - 1																		
		Bacheo superficial; mezcla en frío/caliente.		0.5 - 2																		
		Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente.		2 - 3																		
		Bacheo parcial + sellado de superficie (preventivo)		4 - 8																		
ALTO	LOCAL	Bacheo parcial + tratamiento superficial asfáltica o recapado delgado c/ mezcla asfáltica.	Rehabilitación	4 - 8																		
		Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente.		1 - 3																		
		Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular.		4 - 6																		
	GENERAL	Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal) (1 o más aplicaciones).	Rutinario	3 - 5																		
		El pavimento requiere rehabilitación.		Temporal	0.2 - 0.5																	
		Bacheo en blanco (temporal)			1																	
		Escarificación del revestimiento asfáltico con o sin recubrimiento de grava.			4 - 6																	
		Bacheo profundo + tratamiento superficial asfáltico (carreteras TMDA2000.			8 - 10																	
		Bacheo profundo + recapado mezcla asfáltica en caliente.			8 - 10																	
		Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico.																				
POSIBLE EVOLUCION		Constituyen la manifestación última a la que se llega por evolución de otros daños como consecuencia de la falta de un mantenimiento oportuno. A medida que progresa el deterioro del pavimento, los baches aumentan en profundidad, número y extensión; este proceso se acelera debido a la retención de agua en las cavidades abiertas y su infiltración a las capas inferiores.																				

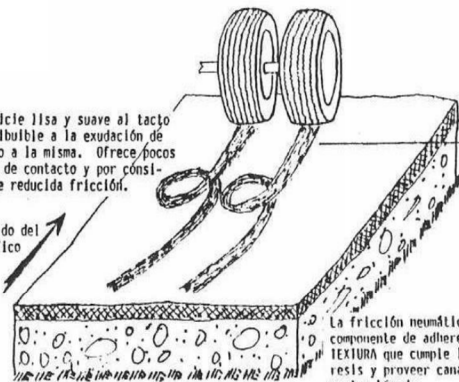
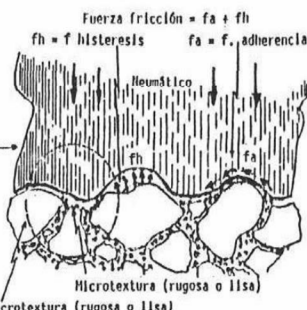


#### 4.5.16. Rotura de bordes

TIPO DE DAÑO		ROTURA DE BORDES	
DESCRIPCION			
Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse)			
POSIBLES CAUSAS			
La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berna insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berna; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.30 m a 0,60 m del borde de la calzada.			
NIVELES DE SEVERIDAD			
En base a las condiciones prevalecientes observadas de acuerdo con la siguiente guía;			
	BAJO	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	
	MEDIO	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.	
	ALTO	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde	
MEDICION			
La grieta de borde se mide en metros lineales.			
DESCRIPCION GRAFICA			

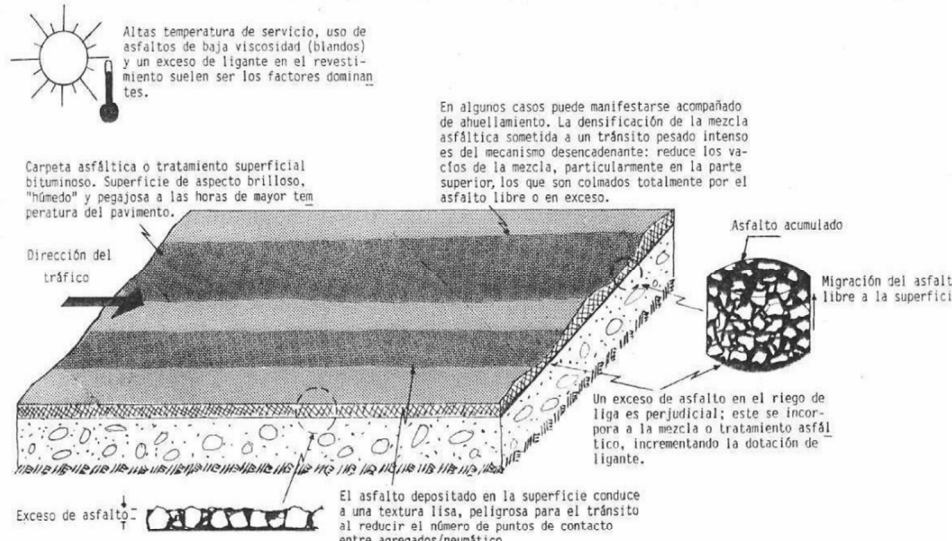


4.5.17. Pulimento de la superficie

TIPO DE DAÑO	DESINTEGRACIONES POR PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE			
DESCRIPCION				
Agregados excesivamente pulidos en la superficie de rodamiento. Dan lugar a una textura muy lisa y suave al tacto, que reduce considerablemente la adherencia con los neumáticos de los vehículos. La consiguiente disminución de la función o resistencia al deslizamiento puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito.				
POSIBLES CAUSAS				
<p>El pulimento es causado primariamente por la acción abrasiva del tránsito, que produce el desgaste superficial de los agregados que componen la superficie del pavimento los siguientes factores conducen al desarrollo de dicho proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Agregados pétreos de naturaleza degradable;</li><li>• Empleo de agregados pétreos de superficie inicialmente pulida en mezcla y tratamientos asfálticos;</li><li>• Mezcla asfáltica de calidad pobre que favorecen la exposición de los agregados, en particular cuando se combina con alguno de los factores antes mencionados.</li></ul>				
NIVELES DE SEVERIDAD				
No se definen niveles de severidad. Es suficiente con indicar que existe pulimento de la superficie. El grado de pulimento debe ser significativo para ser reportado: un examen de cerca debe revelar que el número de puntos de contacto con el agregado sobre la superficie es muy reducido, y esta se presenta suave al tacto.				
MEDICION				
De ser necesario se mide en metros cuadrados la superficie de pavimento afectada.				
DESCRIPCION GRAFICA				
<div><div><p>Superficie lisa y suave al tacto no atribuible a la exudación de asfalto a la misma. Ofrece pocos puntos de contacto y por consiguiente reducida fricción.</p><p>Sentido del tráfico</p></div><div><p>Fuerza fricción = <math>f_a + f_h</math> <math>f_h = f</math> histeresis      <math>f_a = f</math>, adherencia</p><p>Neumático</p><p><math>f_h</math>      <math>f_a</math></p><p>Microtextura (rugosa o lisa) Macrotextura (rugosa o lisa)</p><p>La fricción neumático/pavimento depende de la microtextura-que provee la componente de adherencia, preponderante sobre pavimento seco- y la MACROTEXTURA que cumple la noble función de aumentar la componente de histeresis y proveer canales de drenaje del agua, aspectos dominantes con pavimentos húmedo.</p></div></div>				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Preservar la seguridad del tránsito, especialmente en tiempo húmedo				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
NO SE DEFINEN NIVELES	LOCAL	Mantener un continuo monitoreo o seguimiento de áreas defectuosas y llevar a cabo algunos de los tratamientos alternativos siguientes:		
	GENERAL	Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total)	Periodico	3-5
		Tratamiento superficial asfáltico "non skid".	Especial	3-5
		Carpeta asfáltica friccionante (open graded).		1-3
		Recapado delgado (concreto asfáltico).	Rehabilitacion	8-10
		Ranurado por persecución refleja.	Especial	variable
POSIBLE EVOLUCION		La calzada adquiere una textura cada vez más lisa y un aspecto brillante. Aumenta los riesgos de deslizamiento, tomando la circulación cada vez más peligrosas.		



#### 4.5.18. Exudación de asfalto

TIPO DE DAÑO		EXUDACION DE ASFALTO		
DESCRIPCION				
Afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento, formando una película o film continuo de ligante o mástico (ligantes + finos). La superficie adquiere en consecuencia un aspecto brillante, tornándose reflectante, resbaladiza y pegajosa en tiempo caluroso. El proceso de exudación es irreversible: el afloramiento de asfalto en la estación cálida no se absorba durante el clima frío.				
POSIBLES CAUSAS				
Las siguientes causas pueden dar origen a exudación de asfalto: • Exceso de asfalto en la mezcla o tratamiento; • Insuficiencia contenido de vacío (el asfalto colma los vacíos de la mezcla); • Excesiva dotación de asfalto en el riego de la liga; • Bitumen muy blando para condiciones de servicio desfavorables (tránsito pesado intenso, altas temperaturas en el pavimento); • Sobre compactación de la mezcla o tratamientos asfáltico o dosificación para condiciones de tránsito menores que las reales.				
NIVELES DE SEVERIDAD				
	BAJO	Se hace visible la coloración de la superficie por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aún aisladas.		
	MEDIO	Apariencia características, con exceso de asfalto libre que forma una película continúa en huellas de canalización del tránsito; la superficie se torna adhesiva a zapatos y ruedas de vehículos en días cálidos.		
	ALTO	Presencia de una cantidad significativa de asfalto libre en la superficie dando un aspecto húmedo, de intensa coloración negra; superficie pegajosa o adhesiva.		
MEDICION				
La exudación de asfalto se mide en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente está según su severidad				
DESCRIPCION GRAFICA				
<div><div></div><div>Altas temperatura de servicio, uso de asfaltos de baja viscosidad (blandos) y un exceso de ligante en el revestimiento suelen ser los factores dominantes.</div><div>En algunos casos puede manifestarse acompañado de ahuecamiento. La densificación de la mezcla asfáltica sometida a un tránsito pesado intenso es del mecanismo desencadenante: reduce los vacíos de la mezcla, particularmente en la parte superior, los que son colmados totalmente por el asfalto libre o en exceso.</div><div>Asfalto acumulado</div><div>Migración del asfalto libre a la superficie</div><div>Un exceso de asfalto en el riego de liga es perjudicial; este se incorpora a la mezcla o tratamiento asfáltico, incrementando la dotación de ligante.</div><div>El asfalto depositado en la superficie conduce a una textura lisa, peligrosa para el tránsito al reducir el número de puntos de contacto entre agregados/neumático</div><div>Exceso de asfalto</div><div>Carpetas asfálticas o tratamiento superficial bituminoso. Superficie de aspecto brillante, "húmedo" y pegajosa a las horas de mayor temperatura del pavimento.</div><div>Dirección del tráfico</div></div>				
OBJETO DEL MANTENIMIENTO				
Preservar la seguridad del tránsito especialmente en tiempo húmedo.				
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA	CLASIFICACION TRABAJO	VIDA ESPERADA (AÑOS)
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		
BAJO	LOCAL	Ninguna acción		
	GENERAL	Ninguna acción		
MEDIO	LOCAL	Ninguna acción		
	GENERAL	Ninguna acción		
ALTO	LOCAL	Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie.	Rutinario	1-2
		Bacheo parcial (capa asfáltica).		3
	GENERAL	Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie	Rutinario	1-2
		Quemar exceso de asfalto y aplicar un sellado bituminoso con asfalto líquido y recubrimiento arena o lechada asfáltica	Especial	2-4
		Quemar exceso de asfalto y aplicar un tratamiento superficial asfáltico		3-5
POSIBLE EVOLUCION		Quemar exceso de asfalto y recapado con mezcla asfáltica		6-8
		Aumento de la severidad y extensión de las áreas exudadas, tomando la circulación cada vez más peligrosa por el riesgo de deslizamiento. Lluvias intensas o frecuentes incrementan el potencial de riesgo.		



4.5.19. Bombeo/exudación de agua

TIPO DE DAÑO		EXUDACION DE AGUA			
DESCRIPCION					
<p>Ascenso de agua capilar a la superficie del pavimento a través de los puntos más débiles y fisuras de la capa de rodamiento. Se presenta en forma de una mancha de agua alrededor de tales puntos, por lo general después de una lluvia intensa con frecuencia suele ir acompañada de otras manifestaciones. El agua forzada a través de grietas y poros por la presión que ejercen las cargas dinámicas del tránsito, suele arrastrar material fino en suspensión que se deposita en la superficie; pueden ocurrir también leves depresiones, o por el contrario levantamientos, en áreas circulares de aproximadamente 25cm de diámetro.</p>					
POSIBLES CAUSAS					
<p>El fenómeno está asociado con la acumulación de agua en las capas superiores del pavimento. El ascenso a la superficie puede ser por capilaridad o por eyección forzada por el tránsito. Las siguientes causas permiten se desarrolle este proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Agua atrapada en una capa relativamente porosa entre dos capas impermeables;</li><li>• Desplazamiento del agua atrapada en interior del pavimento, por aumento de presión, como consecuencia de variaciones térmicas;</li><li>• Desplazamiento del agua a través de áreas débil compacidad, tales como juntas bordes de calzada, áreas agrietadas, superficies de contacto entre capas sucesivas, etc.</li></ul>					
NIVELES DE SEVERIDAD					
<p>No se definen niveles de severidad. Es suficiente con indicar que existe exudación de agua a la superficie. El momento más oportuno para comprobar la ocurrencia del fenómenos es después de una lluvia prolongada o intensa.</p>					
MEDICION					
<p>De ser necesario se mide en metros cuadrados la superficie de pavimento afectada.</p>					
DESCRIPCION GRAFICA					
<div><div></div></div>					
OBJETO DEL MANTENIMIENTO					
<p>Conservar/ y/ o adecuar la integridad del revestimiento asfáltico</p>					
EVALUACION		ALTERNATIVA DE REPARACION RECOMENDADA		CLASIFICACION	VIDA
SEVERIDAD	DENSIDAD	DESCRIPCION		TRABAJO	ESPERADA (AÑOS)
NO SE DEFINEN NIVELES	LOCAL	Verificar estado de conservación y drenaje superficial de los paseos y estructuras de drenaje y adoptar alguno de los tratamientos alternativos siguientes:			
		Ninguna acción; (previa mejora del drenaje).			
		Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/ en caliente.		Rutinario	0.5 - 2
	GENERAL	Verificación del estado de conservación y drenaje superficial de los paseos y estructura de drenaje:			
		Ninguna acción; (previa mejora del drenaje).			
		Sellado de la superficie con material bituminoso y arena (previa mejora del drenaje).		Periodico	2 - 3
POSIBLE EVOLUCION		Destrucción progresiva del pavimento bajo la acción del agua. Desprendimiento de agregados del revestimiento asfáltico y formación de baches.		Rehabilitacion	8 - 10



#### 4.5.20. Bacheos/reparaciones

TIPO DE DAÑO		BACHEOS Y REPARACIONES	
DESCRIPCION			
Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado parcial o totalmente con materiales similares a los originales o eventualmente diferente, con el propósito de reparar el pavimento existente. Se trata de trabajo de mantenimiento que implica necesariamente una alteración en la continuidad de la superficie y/o estructura del pavimento. Un caso particular relativamente frecuente en área urbana es el bacheo por reparación de servicios públicos: consiste en la apertura y reposición del pavimento para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.			
POSIBLES CAUSAS			
Las siguientes causas lugar a bacheos y reparaciones en el pavimento: • Reparación de daños que han alcanzado niveles de severidad inaceptables; • Reparación de servicios públicos localizados bajo el pavimento; • Corrección de reparaciones defectuosas.			
NIVELES DE SEVERIDAD			
	BAJO	El área reparada se comporta satisfactoriamente con muy poco o ningún deterioro	
	MEDIO	El área reparada se encuentra algo deteriorada; los daños observados en su superficie son de nivel de severidad baja o media.	
	ALTO	El área reparada se encuentra severamente dañada y requiere reemplazo a muy corto plazo (condición de falla)	
MEDICION			
Se miden en metros cuadrados de superficie afectada, midiendo y registrando separadamente estas, de acuerdo al nivel de severidad correspondiente. En una misma reparación (especialmente cuando esta alcanza cierta extensión) pueden diferenciarse áreas con diferente nivel de severidad. Los daños localizados en el interior de las bacheadas no se reportan como fallas independientes estas son tenidas en cuenta establecer el nivel de severidad de las reparaciones. Si una porción importante del pavimento ha sido reemplazada en forma continua (como por ejemplo la reconstrucción de un carril o de una intersección completa), no debe evaluarse como área bacheada. Idéntico criterio puede asumirse en el caso de pavimentos muy antiguos, en los cuales es difícil diferenciar el pavimento original de las reparaciones.			
DESCRIPCION GRAFICA			
<div><div><p>Bacheo temporal "en blanco" utilizando exclusivamente material granular. Aun cuando mejoran transitoriamente las condiciones de circulación en pavimentos muy deteriorados, su duración es efímera, por lo que deben ser reemplazados oportunamente por trabajos de tipo "permanente".</p></div><div><p>Bacheo profundo con mezclas asfálticas (en frío o en caliente) y reposición de base en profundidad variable según necesidades. Se identifican como trabajos de conservación "permanentes".</p></div><div><p>Los desniveles en los bordes tienen su origen en prácticas de ejecución defectuosas. Incrementan rugosidad de la carretera.</p></div><div><p>La severidad de los bacheos se establece en función de los daños observados en el interior del área de la reparación.</p></div><div><p>Bacheo superficial o nivelante, con mezclas asfálticas en frío o caliente, o tratamientos bituminosos superficiales. Su duración y efectividad depende de la oportunidad (estado del pavimento a reparar) con que se llevan a cabo.</p></div><div><p>otros trabajos de conservación, tales como el sellado de grietas no se incluyen bajo esta denominación.</p></div></div>			



#### 4.5.21. Acciones de falla en pavimentos asfálticos

DENOMINACION		SUB-BASE	BASE	EN LAS CARPETAS DE RIEGO	EN LA CARPETA ASFALTICA EN OBRA	EN LA CARPETA DE MEZCLA EN CALIENTE	EN EL RIEGO DE IMPRIMACION	EN EL RIEGO DE LIGA	EN EL RIEGO DE SELLO
1	Mala calidad del material utilizado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
2	Falta de afinidad del material pétreo - asfalto de impregnación.		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Defectos de construcción o de acabados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>
4	Exceso o escasez de asfalto en la mezcla.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Baja compactación.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
7	Exposición excesiva al tránsito y a los efectos del clima, antes de protegerla.		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
8	Falta de espesor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>			
9	Asfalto frío (viscosidad alta)						<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador)						<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Cantidad escasa de materiales pétreos.			<input type="radio"/>					<input type="radio"/>
12	Materiales pétreos con exceso de humedad al momento de la aplicación.			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
13	Rigidez relativamente alta de la carpeta.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
14	Materiales pétreos demasiado húmedos al momento de aplicación.				<input type="radio"/>				<input type="radio"/>
15	Contenido elevado de Agua o de solventes en la mezcla, al momento de tender				<input type="radio"/>				<input type="radio"/>
16	Contaminación con el material de las terracerías.	<input type="radio"/>							
17	Falta de limpieza o barrido de la superficie de base al momento de impregnar .		<input type="radio"/>						
18	Falta de uniformidad en la incorporación del asfalto en la mezcla.				<input type="radio"/>				
19	Baja resistencia de la mezcla.				<input type="radio"/>				
20	Mezcla asfáltica muy permeable, sin proteger con algún tratamiento de sellado.				<input type="radio"/>				
21	Temperatura baja del asfalto o del material al elaborar la mezcla.					<input type="radio"/>			
22	Temperatura excesiva de calentamiento del cemento asfáltico y del material pétreo al elaborar la mezcla.					<input type="radio"/>			
23	Defectos de tendido o de acabado de la mezcla.					<input type="radio"/>			
24	Mezcla relativamente fría al tender o al compactar.					<input type="radio"/>			
25	Baja estabilidad de la mezcla.					<input type="radio"/>			
26	Exceso de arena de "poreo", cuando este se usa.						<input type="radio"/>		
27	Mezcla muy permeable (vacíos elevados), sin proteger con un tratamiento de sellado					<input type="radio"/>			

Anexo N° 21 Principales acciones que generan fallas en los pavimentos





4.5.22. Expectativas de los diferentes actores que intervienen en la explotación vial

Expectativas de los actores		Usuarios	Vecinos	Finandista	Sociedad	Propietarios	DEFINICION
Seguridad		X	X	X	X	X	Un camino o carretera segura es una sin accidentes (muertos, heridos o daños materiales). Aunque el término de "seguridad vial" se utilice para designar la expectativa de los actores, administradores, vecinos y propietarios en este dominio, se hace referencia al riesgo vial: el número y la gravedad de accidentes. Los accidentes se traducen, casi siempre, en costo. La seguridad vial es una fuerte expectativa de los actores y de los vecinos de los caminos y carreteras ya que son las víctimas potenciales de dichos accidentes. Es, también, una fuerte expectativa de los administradores y propietarios de caminos y carreteras ya que los precedentes (actores y vecinos) y la sociedad les exigen tomar disposiciones apropiadas para reducir riesgos. Las expectativas de los grupos de interés son, sin embargo, más específicas: • Los actores de los caminos y carreteras esperan que los administradores tomen las medidas apropiadas para reducir los riesgos. • Los vecinos esperan que el dominio público (los caminos y carreteras) que rodean sus casas, establecimientos comerciales, oficinas y otras instalaciones, no constituyan un peligro para ellos y los suyos; esto se enfoca, sobre todo, a los actores vulnerables, tal como las personas de capacidades diferentes o las personas de edad avanzada que entran o salen de sus casas, los niños que juegan al borde del camino, etc. • Los administradores buscan evitar accidentes en los que su responsabilidad sea denotada. • Los propietarios son sensibles a su posible implicación en los accidentes y a la presión de la opinión pública (los medios y la política) para reducir riesgos. • Los organismos de financiamiento (sobre todo las sociedades de seguros) piden la disminución de los montos pagados por accidentes.
Eficacidad de funcionamiento	Fluidez del tráfico	X	X				Para tomar en cuenta y satisfacer las expectativas de los actores (y de los vecinos), los administradores de caminos y carreteras están siempre en búsqueda de disposiciones de gestión de tráfico susceptibles de mantener la fluidez para su mejor nivel y por todos lados (se puede calificar de tiempo de viaje).
	Reduccion del Tiempo de viaje	X	X				La duración y velocidad están en relación directa. La velocidad de los vehículos es influenciada por muchos factores, entre los cuales: las características del vehículo, de las vías (trazo, perfil defectuoso, pavimento, etc.), el volumen de tráfico motorizado y no motorizado, las interferencias con el medioambiente (es decir: parada de autobús, punto de acceso, etc.)
	Mejora de la regularidad del tiempo de viaje	X	X				Esto hace referencia a la capacidad que tiene el sistema vial de asegurar (nivel de servicios) y mantener sus funciones (flujo del tráfico) en condiciones estandarizadas, así como en circunstancias excepcionales (por ejemplo, accidentes). Los usuarios consideran que el sistema vial es fiable si el tiempo de viaje real, es parecido al que ellos esperan, y esta fiabilidad mide la importancia del tiempo perdido. La fiabilidad del tiempo de viaje es "la coherencia o la dependencia del tiempo de viaje, como se mide diariamente a diferentes momentos del día"
	Accesibilidad	X	X				La accesibilidad se refiere a la facilidad de llegar a los otros lugares o ser alcanzado desde otros lugares (por los usuarios). Se refiere también a la facilidad de acceso desde los lugares privados (habitaciones, establecimientos comerciales, industrias) o, acceder a sitios privados desde la vía (para los vecinos). Por ejemplo, la gente toma en cuenta el acceso, desde su lugar de residencia a su trabajo y a otros servicios; la implantación de actividades económicas se decide teniendo en cuenta la posibilidad de acceso de su clientela. La implantación de servicios públicos depende de las posibilidades de acceso de los usuarios, etc. El acceso en vehículo se condiciona por las características de los caminos, las reglas de circulación, las posibilidades de estacionamiento, etc. (es decir, pérdida de priorización, obstáculos, paradas suplementaria, etc.), la uniformidad de las superficies, el numero de zonas dedicadas a los ciclistas y peatones (es decir, carril para ciclistas sobre las arterias de gran circulación, rápidas o sobrecargadas).
	Áreas de estacionamiento	X	X				Los vecinos que no tienen sus propios estacionamientos –o que no tienen suficientes– están a la espera de estacionamientos públicos para estacionar sus vehículos. La actividad de los lugares comerciales, sobre todo los establecimientos comerciales, están influenciados por la proximidad de un estacionamiento. Al contrario, las instalaciones industriales y los supermercados tienen su propio estacionamiento y no tienen las mismas exigencias sobre este punto.
	Consumo de energía	X			X		Los costos de funcionamiento de los vehículos (CFV), motorizados, integran el consumo de los recursos siguientes: gasolina, aceite, llantas, refacciones, horas de reparación, inversión (incluyendo la depreciación y los intereses), el costo de las horas de manejo, los gastos generales. Los costos del funcionamiento de los vehículos no motorizados se obtienen a partir de la depreciación de la inversión, de las reparaciones, de la conservación, del conductor, de la energía y de los gastos generales. Para los peatones, la economía de energía puede ser considerable.
Atractivos de la red	Comodidad	X					La comodidad de uso tiene influencia sobre la manera en que los conductores perciben la calidad de servicio. Está estrechamente ligada al concepto de nivel de servicio marcada en el Highway Capacity Manual
	Servicios e informaciones	X	X				Los usuarios dan, cada vez más, importancia a la frecuencia y la calidad de las áreas de servicio a lo largo de un itinerario. Las informaciones viales influyen, también, la percepción de los conductores. Se enfocan en las previsiones meteorológicas, los embotellamientos, los accidentes, los trabajos en curso, etc. La calidad de estas informaciones depende de la actualidad, fiabilidad, claridad y utilidad. Nótese que las informaciones de direcciones son un aspecto particular de las informaciones viales, muy apreciadas, tanto por los usuarios como por los vecinos, ayudan a los usuarios a encontrar su camino en un medioambiente desconocido o inhabitual. Es igual para los vecinos, ya que permite que los usuarios los encuentren.
	Facilidad del trayecto	X					Indica si se dispone de los conocimientos y habilidades en el manejo de métodos, procedimientos y funciones requeridas para el desarrollo e implantación del proyecto. Además indica si se dispone del equipo y herramientas para llevarlo a cabo, y de no ser así, si existe la posibilidad de generarlos o crearlos en el tiempo requerido por el proyecto.
	Estética y limpieza	X	X				La calidad de los paisajes y del medioambiente tal como lo perciben los usuarios, ya sean o no motorizados. Integra: la calidad del desarrollo de los bordes de caminos y carreteras, y de la vegetación, el aspecto estético y arquitectural, la integración de la infraestructura en los alrededores, la limpieza, la calidad de los equipos, etc. En las ciudades, los vecinos son sensibles a la estética y a la limpieza de las calles que utilizan varias veces al día o que ven por las ventanas.
Desarrollo socioeconómico	Desarrollo socioeconómico			X	X		Los caminos y carreteras contribuyen al progreso de las actividades sociales y económicas ayudando a aumentar la prosperidad y el nivel de satisfacción general. En consecuencia, las sociedades esperan, antes que nada, a que sus redes viales contribuyan eficazmente a este objetivo.
	Eficacia Socioeconomica						Los (socio) economistas se interesan, particularmente, en ciertas formas de impacto económico. En el caso presente, al impacto de la evolución de los transportes viales. Según el diccionario AIPCR, la eficacia socioeconómica, en términos de valor social (económica y financiera), sustituye a los valores individuales, por añadidura, las satisfacciones e insatisfacciones colectivas.
	Integracion Socioeconomica						Las redes viales deberían integrarse e incluirse cada vez más eficazmente en la totalidad de redes de transporte terrestre (fluviales, por carretera, ferroviarias, en bicicleta y peatonal). El transporte intermodal es una expectativa creciente en términos de desarrollo socioeconómico
Rentabilidad de la red	Retorno sobre la inversion				X		Define la rentabilidad de una inversión y se usa, por ejemplo, para comparar la eficacia de diferentes inversiones. Se calcula como el beneficio de una inversión dividida por su costo. El beneficio de la inversión es la suma de los dividendos producidos por la inversión y la plusvalía obtenida a la venta de esta inversión. Este último término está directamente relacionado con el valor de los activos que, en ciertos casos, está también ligada a las infraestructuras.
	Riesgo de Inversion				X		Antes de realizar la inversión, el RSI es el resultado de una estimación probabilística. El riesgo es en función de la fiabilidad de previsiones del tráfico, de catástrofes naturales (temblores, inundaciones, etc.)
	Oportunidad de aumento de negocios				X		Desde luego, cuando los organismos de financiamiento intervienen en el mundo vial, también lo hacen en las actividades industriales y financieras únicamente. Las inversiones en las redes viales pueden generar, directamente, entradas de dinero (las cuotas), también generan retornos indirectos que vienen, por ejemplo, de un desarrollo de actividades industriales que ellos financian, o el aumento de la rentabilidad de estas actividades. Los organismos de financiamiento apuntan a que sus inversiones en la gestión vial optimicen su ganancia global.
	Eficacia en la Gobernanza				X		La eficacia en la gobernanza, desde el punto de vista de los organismos de financiamiento, es una medida de su capacidad para producir el mayor retorno de inversión, es decir, producir el más alto dividendo y preservar el capital (estado de los caminos y carreteras) con un mínimo de gastos.
Desarrollo	Preservación del medioambiente	X	X		X	X	Preservar el contexto natural consiste en evitar que el transporte vial modifique, en el sentido negativo y (casi) irreversible, el aire, agua, ruido, fauna, flora. En otras palabras, se trata de limitar la influencia negativa de la actividad humana – en este caso, el transporte vial – sobre el medioambiente.
	Preservacion de recursos naturales	X	X		X	X	El desarrollo durable se esfuerza por responder a las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras, lo que incluye, particularmente, la preservación de los recursos (naturales) tales como los agregados de calidad, asfalto, pero también el agua, etc.
	Neutralidad frente al cambio climático	X	X		X	X	Se define el cambio climático como "una alteración debida a la actividad humana, de la compleja red de sistemas que permiten que se desarrolle la vida, tales como las nubes, lluvias, vientos y las corrientes oceánicas, todo lo que influencia, así, a la distribución de la flora y la fauna". (Esto traduce la influencia indirecta de las actividades humanas sobre el medioambiente).
	Respeto de la Salud Pública	X	X		X	X	Cuidados de salud, aportados a nivel global, al conjunto de la población. El impacto de los transportes viales sobre la salud pública es un compuesto importante sobre su impacto en el medioambiente.
Marco de vida	Preservacion de herencia cultural				X		Esta expectativa traduce la preocupación de las generaciones actuales a transmitir, a las generaciones futuras, un acceso directo a su activo histórico, incluyendo el social y cultural. En otras palabras, traduce las expectativas de que las actividades humanas sobre los activos, generadas por las generaciones anteriores o actuales, sean de un nivel aceptable.
	Catastrofes naturales				X		Las catástrofes naturales se definen como situaciones o eventos por causas naturales, que sobrepasan las capacidades locales de reacción y necesitan recurrir a la ayuda nacional o internacional, un evento imprevisto que causa grandes daños, destrucciones y sufrimiento humano. Las infraestructuras viales juegan, de manera activa o pasiva, un papel en las catástrofes naturales; por un lado, su desarrollo anárquico puede desestabilizar los equilibrios naturales y contribuir a catástrofes naturales tales como las inundaciones de las ciudades, corrimiento de tierras, etc. Por otro lado, los caminos y carreteras son muy importantes en la organización de socorro ya que permiten llegar a las zonas afectadas. Por lo tanto, la vulnerabilidad de los itinerarios viales con respecto a las catástrofes naturales es un factor clave de la gestión vial (por ejemplo: hasta que punto una catástrofe puede impedir su funcionamiento).
Gestión técnica	Gestion y mejora del estado de los activos					X	Para los propietarios, la construcción de una red vial es una verdadera inversión. Sin embargo, esta red no puede ser considerada como "activo" en el sentido financiero de la palabra: el maestro de obra no decide invertir un capital (monetario) en la red para revenderlo después y realizar un beneficio significativo. Para el maestro de obra, la construcción vial tiende a generar beneficios socioeconómicos más que financieros. Dichos beneficios sociales y económicos solo se obtendrán si los activos se mantienen en suficiente buena condición a largo tiempo, o bien mejorarlo. Desde estos puntos de vista, el estado de los caminos y carreteras puede evaluarse, por un lado, a través de la satisfacción de los actores, y, por el otro, a través de los actores económicos (operadores de flotas). Desde el punto de vista técnico, la conformidad de las características viales a los estándares más recientes, puede ser una solución fácil, aun si es insuficiente, para calificar el nivel de seguridad, comodidad y eficacia.
	Valor Patrimonial					X	Los organismos financieros que invierten en la construcción, la conservación y el funcionamiento de los caminos y carreteras, consideran esta inversión como cualquier otra (en la finanza y la industria) con quien esté en competencia. Por lo tanto, la preservación del capital es una de sus más altas expectativas.
	Repartición de presupuestos					X	Un mantenimiento Vial eficiente y eficaz, traera mejores inversiones e inversionistas y una variacion en la reparticion presupuestaria signada.
	Conformidad con las normas					X	

Anexo N° 22 Expectativas de los diferentes actores que interviene en la explotación vial

#### 4.5.23. Indicadores propuestos para monitoreo y seguimiento en el sistema vial

Campo	Expectativas	Actores	Indicadores
Seguridad	Seguridad vial	Usuarios	Número de muertos (o de accidente) por kilómetro vehículo
			Concentración de accidentes por Segmento
		Vecinos	Número de accidentes implicando usuarios vulnerables (ciclistas y peatones)
		Organismos de financiamiento (Sociedades de seguros)	Costo de accidentes por kilómetro de vía
		Propietarios	Número de muertos sobre su red
Eficacia del funcionamiento	Fluidez del tráfico	Usuarios	Tiempo de viaje de A a B (promedio)
			Tiempo de viaje de A a B (variabilidad)
			Indicador del embotellamiento urbano
			Longitud total del embotellamiento entre A y B, al momento T
		Sociedad	Velocidad del trayecto de A a B (en valor promedio)
			Velocidad promedio de trayecto de A a B (variabilidad)
			Indicador de embotellamiento urbano
			Longitud total del embotellamiento entre A y B, al momento T
Amenidades	Consumo	Sociedad	Consumo de los vehículos (en base a la velocidad promedio del trayecto, etc.)
	Áreas de estacionamiento	Usuarios y vecinos	Áreas de estacionamiento: número de lugares para los residentes, para los empleados, para los otros...
	Accesibilidad		Accesibilidad
	Comodidad de circulación	Usuarios	Regularidad longitudinal
	Servicios		Frecuencia de las áreas de servicio
Desarrollo Socio-económico	Información	Usuarios y vecinos	Congruencia de los mensajes e informaciones (sobre cuestionarios...)
	Estética y limpieza		Limpieza de los caminos y carreteras (sobre cuestionarios...)
		Maestro de obra	Número de quejas de los usuarios
Rentabilidad de la red	Financiera	Organismos financieros	Retorno sobre inversión
	Económica		Riesgo de inversión
	Eficacia		Oportunidad de desarrollo de negocios
Desarrollo durable	Preservación del medioambiente/ Cambios climáticos	Sociedad	Eficacia de gobernanza (operadores)
			Indicadores "verdes"
			Balance carbón global (tráfico, trabajos viales y emisión de operadores)
	Preservación de recursos naturales		Densidad de contaminantes en las aguas evacuadas del asfalto (fácil de medir pero debe integrarse al sistema)
			Proporción de materiales reciclables
	Salud pública	Vecinos	3. Características de la red: su tipo, su tamaño (km de vías), longitud total de obras...
			Carta de densidad de los contaminantes en el aire (incl. partículas), medidas cerca de los caminos y carreteras, nótese que el componente buscado varía según el lugar
			Carta de ruido
Marco de vida	Cultural	Sociedad	Nivel de vibraciones (en zonas urbanas)
	Catástrofes		Preservación de la herencia cultural
Gestión de la red y estado del Activos	Preservación del valor patrimonial	Propietarios	Prevención de catástrofes naturales e intervención de socorro
			Vida útil del Activos (o componente por componente)
			Valor patrimonial
			Concesión del presupuesto (repartición entre los diferentes componentes de los caminos y carreteras)

Anexo N° 23 Indicadores propuestos para el seguimiento y monitoreo del sistema de gestión